

〈論 文〉

乳牛改良の計量経済学的分析

駒 木 泰

目 次

第1章 序 論

- 第1節 生物学的技術進歩としての乳牛改良
- 第2節 乳牛改良の二重効果
- 第3節 課題の設定
- 第4節 従来の研究

第2章 乳牛改良関係事業と酪農家の乳牛改良

- 第1節 人工授精の普及と後代検定事業
- 第2節 種雄牛の供給
- 第3節 乳牛能力検定事業の役割
- 第4節 乳検情報と酪農家の乳牛改良
- 第5節 制度と乳牛改良

第3章 酪農家における乳牛改良と乳量水準

- 第1節 乳牛改良と乳量水準
- 第2節 分析対象地域の位置づけ
- 第3節 牛群の能力上の問題点と乳量水準
- 第4節 種雄牛の選定
- 第5節 乳牛の淘汰
- 第6節 乳牛の改良行動

第4章 乳牛の生産供用年数に関する分析

- 第 1 節 乳牛の生産供用年数の推移とその背景
- 第 2 節 生存時間解析法の生産供用年数への適用
- 第 3 節 乳牛の生産供用年数の説明要因
- 第 4 節 生産性の向上と乳牛の淘汰
- 第 5 章 乳牛資本投入の費用関数分析
 - 第 1 節 北海道酪農の技術進歩
 - 第 2 節 トランスログ費用関数と総要素生産性
 - 第 3 節 生産性向上の要因分解と技術進歩
 - 第 4 節 技術進歩と乳牛改良
- 第 6 章 継続的乳量増加酪農家の技術的・経済的効率性の分析
 - 第 1 節 固定資本投入による生産費用増加と 1 頭当り乳量増加
 - 第 2 節 1 頭当り乳量増加と生乳生産構造
 - 第 3 節 ノンパラメトリックな技術効率および経済効率の分析
 - 第 4 節 経済的効率性と乳牛改良
- 第 7 章 家畜市場における初妊牛の価格形成要因に関する分析
 - 第 1 節 乳牛市場における初妊牛価格の意義
 - 第 2 節 酪農家の初妊牛の売買条件
 - 第 3 節 分析対象と価格形成要因の選択
 - 第 4 節 初妊牛の市場取引価格の形成に関する要因の分析
 - 第 5 節 乳牛改良の成果としての市場取引価格
- 第 8 章 要約及び結論
- 引用・参考文献
- SUMMARY
- 謝辞

第 1 章 序 論

第 1 節 生物学的技術進歩としての乳牛改良

日本農業の生産性の向上には稲作を中心として、戦前は生物・化学的技術

進歩、戦後は機械的技術進歩の貢献があったといわれている^{#1)}。畜産は、戦後始めて農業生産額におけるシェアが1割を越えたように、歴史は浅いが、なかでも、酪農は最も発展した部門である。そこでも機械的技術進歩は目ざましい発展を遂げている。そして、労働と資本の相対価格変化の視点から、機械的技術進歩が農業経済学の研究課題として取り上げられてきた。

しかし、土地の節約に誘発されて生じる生物・化学的技術進歩は、土地資源が希少な日本において重要なものである^{#2)}。酪農においても他の部門と同様に労働を節約する機械的技術進歩に眼を奪われ、増収を可能とする生物・化学的技術進歩の評価が見過ごされてきたように思われる。乳牛改良や草地改良等は酪農の生物・化学的技術進歩であるが、酪農の特色は有生資本の改良としての乳牛改良にあると考える。

乳牛改良は、明治時代から公的な改良普及機関や先駆的な酪農家において重要視されてきた。しかし酪農が専門化し^{#3)}、かつ規模の拡大を始めたのは、昭和30年代以降であり、国民所得の増加と食生活の洋風化による乳製品の需要の増加が契機であった。そして、乳牛の改良技術を供給するための各種の事業が、徐々に一般の酪農家に接近しながら方向で展開してきた。専門化ならびに規模拡大とともに、一般の酪農家においても乳牛改良が、経営経済的に徐々に意義を持ち始めたのである。

乳価が据え置かれ、計画生産が行われている現行の農業政策のもとで、酪農家は、生産費用の低下や生乳単価の上昇による生産性の向上を目指している。今日まで規模の経済の追求を目指した投資により蓄積された資本の中で、乳牛の多頭化は更新による生産性向上の道を広げた。乳牛の更新とは、高能力なものを選抜して更新牛として、同時に低能力なものを淘汰することである。それは現行の農業政策に対応して、生産性を向上させる手段を、乳牛資本にたよりはじめたことに他ならない。それがすなわち酪農家の乳牛改良である。

専門的な酪農家における乳牛改良の一般的な方法は、種雄牛の精液の選定

と自己の牛群からの高能力な母牛の選抜や低能力な乳牛の淘汰および外部からの乳牛の導入による。もし自己の牛群内のみで乳牛改良が行われるならば、そのための費用は、強い選抜圧を与えられて選抜された種雄牛の精液や酪農家の乳牛の産乳能力、繁殖能力に関する情報等にかかるもので済む。しかも改良のための技術・情報は殆ど改良普及機関によって供給されており、開発のための多くのリスク・費用を被っているということは、ひろく農業一般についても同様にいえることである。外部からの乳牛の購入という直接的な投資に比べれば、酪農家の種付費用や情報の入手にかかる費用は小さなものである。そのために、通常は、乳牛の購入よりも、自己の牛群を対象として乳牛改良が行われているのである⁴⁾。

本論での乳牛改良の経済的な定義は、より能力の高い種雄牛を自己の母牛に交配することによって生まれた新たな乳牛の選抜および外部からの導入と、低能力な乳牛の淘汰という、連続的な更新の過程が具体化された新たな牛群を、乳牛資本とすることである⁵⁾。この乳牛資本から生じる収益性向上⁶⁾の内容、程度が生物学的技術進歩としての乳牛改良の効果である。特に中心的に行なわれている自己の乳牛に対する改良においては、乳牛改良に関してかかる費用が少ないがゆえに、経済学的に関心をもたらす所以である。

そこで、乳牛改良が及ぼす経済的な効果の内容を明確にし、提示していくことにより、酪農の収益性向上への寄与についての評価が可能となる。従って本論では、生物学的技術進歩としての乳牛改良をとりあげ、酪農家においての乳牛改良の経済的な効果を見いだすことにより、収益性向上の要因としての評価を行うことが目的である。

第2節 乳牛改良の二重効果

酪農の生産技術において乳牛改良は、自給飼料よりも購入飼料に多く依存するような乳牛へ改良されていく過程として現れている。それは、濃厚飼料

を中心とする購入飼料価格と自給飼料の生産費用とが相対的に低下傾向にあるからである。このため、購入飼料の増投による限界生産力の低下と自給飼料費用の増大による生産費用増大を脱却し、量的・質的により高い能力を発揮するような乳牛を得るために乳牛改良を行う。

このようにして改良された乳牛を確保し、低能力な乳牛を淘汰することにより、新たな乳牛資本を得ることになる。乳牛資本は、新旧乳牛の泌乳能力や繁殖能力等の能力および耐用年数の格差と、それらの牛群全体への反映の仕方によって特徴づけられる。

この乳牛資本を生乳生産へ投入することにより生じる経済的な効果は、主に、1頭当り乳量増大や乳成分の上昇による増収、あるいは体細胞数の減少によるペナルティの回避等である。これらは生乳市場での乳価の水準や形成機構を与件として発揮される効果である。

さらに、酪農家へ普及される改良技術は、発展した農学や畜産学、統計学、情報処理学に基礎をおいた分析結果を裏付けされた、科学技術水準の高度な時代の産物である。しかも、乳牛の改良のような家畜の飼養技術は、飼料生産・給与をはじめとする多くの生乳生産技術との結び付きについても併せて考慮しなければならないために、一般的に複雑なものとならざるをえない。また、改良の対象となる乳牛は、繁殖機能を利用して得た自己の牛群であるので、酪農家の選抜・淘汰の成果はすべて自己の所得に帰属される。このことは、酪農家が改良のための自発的な研究開発を行えば、得られた所得は企業者利潤^{#7)}となることを意味する。

一方、改良技術に起因する所得の格差は、また、改良乳牛自体に対する需要を生む。そこで、乳牛改良による乳牛の質的向上が高乳牛価格に反映されるようなインセンティブが乳牛市場において生じるのである^{#8)}。実現された増収は、新たな乳牛資本のもたらす乳牛市場における効果として解釈される。ちなみに、北海道は生乳市場において価格・供給量に対しての制約条件が存在しているために、酪農家にとっては乳牛市場において得られる増収は重要

なウエイトを占めている。

乳牛改良により得られた乳牛資本を生産要素とするか、一部を販売してしまうかは、生産物・生産要素価格あるいは乳牛の能力により主に決まる。いずれにせよ、乳牛改良の経済的インセンティブは、生産要素として用いることにより生じる所得の増大が実現する生乳市場と、生産物として販売される乳牛市場とにある。収入のウエイトをどの市場におくかにより、酪農家の性格が定まるが、通常は両市場から収入を得ている^{註9)}。

そこで、乳牛にこの両面があるために、酪農家は乳牛改良によって、生乳市場と乳牛市場とから二重の所得増大が得られる可能性があるといえる。この乳牛改良の二重効果の存在のために、酪農の収益性向上においては、乳牛改良の役割は大きいと考えられる。本論では、この乳牛改良の二重効果を視点とし、酪農の収益性向上に果たした役割を考察していく。

第3節 課題の設定

本論では、乳牛改良の二重効果が収益性向上に果たした役割を明らかにするために、三つの課題をおく。

第1の課題は、新たな乳牛資本の特徴を明らかにするために、乳牛の改良技術の特徴を把握し、さらに特徴を規定する諸要因を明らかにすることである。改良技術については、基本的なものである、交配種雄牛の選定および乳牛の選抜・淘汰とし、酪農家の技術および乳牛の能力等から、諸要因を明らかにする。

第2の課題は、生産要素としての乳牛資本がもたらす乳牛改良の効果を明らかにすることである。生乳生産に視点を置き、乳牛の投入が生産性向上に及ぼす効果について明らかにすることにより、乳牛改良の効果を考察する。

第3の課題は、生産物としての乳牛資本がもたらす乳牛改良の効果を明らかにすることである。乳牛市場での乳牛価格の形成要因を、乳牛の能力を中

心的な視点として明らかにすることにより、乳牛改良の効果を考察する。

次に、各章と課題との関係についてのべる。

第1の課題については、はじめに、試験研究機関や改良事業体による乳牛の改良技術の供給体制の変遷や普及の状況から、酪農家の乳牛の改良技術へ関与してきた過程と酪農家の乳牛改良の実態とを明らかにする。これは第2章で扱われる。

次に、第3章では、乳牛の改良技術の特徴を明らかにし、その経済的意義を考察する。牛群全体の能力上の問題点、種雄牛の選定と乳牛の選抜・淘汰の実態を明らかにし、乳量水準を要因としてそれらとの関係をみていく。ここでは、酪農地帯を対象としたアンケート調査結果を中心に用いて分析を行う。

乳牛の改良技術の中でも、乳牛の淘汰は酪農家内で行われるので、経済的意味は大きなものを持ち得る。そこで、第4章では、乳牛の淘汰について取り上げる。乳牛の生産供用年数に対して、乳牛の能力、酪農家の生乳生産技術や情報の利用等との相関関係を明らかにする。はじめに、乳牛の生産供用年数の推移とその背後の状況を述べ、次に生産供用年数の決定要因を乳牛の能力、酪農家の生乳生産技術や情報の利用等から統計的手法を用いて見いだす。

第2の課題については、まず第5章で、生産費調査結果を用いて、搾乳部門を中心とした費用関数を計測することにより、生乳の生産構造を把握する。次に、乳牛投入の生産性向上に対しての貢献度を、生産理論から明らかにする^{#10)}。

次に、第6章において、生産性向上を、酪農家の平均乳量の上昇とみなし、乳量が増加している酪農家の生産構造の特徴を把握し、乳牛投入の位置づけを考察する。第5章で明示的には扱われなかった飼料生産部門を具体的に取り入れていく。生産費調査結果を用い、乳量が増加している酪農家について、生産の効率性を計量経済学的に計測することにより、酪農家を仕

分けし、それぞれの生産構造を比較する。そして、効率的酪農家の乳量の向上方法を生産構造の特徴から推考しながら、乳牛改良の意義を見いだす。

第3の課題については、第7章において、初妊牛家畜市場を対象とし、初妊牛の市場取引価格データを用いて、初妊牛の価格形成要因を明らかにすることによって対応する。そして、乳牛の能力を中心とした乳牛価格の形成要因の中から乳牛改良との関係を探ることとする^{#11)}。経産牛においては能力と価格との関係はある程度自明なものであろう。乳牛資本の償却分が明らかでないためである。従って、初妊牛を取り上げたのは、乳牛資本のもつ生産物の側面の評価を、乳牛資本が未償却な段階において行い、飼養管理の影響が少ないところから行うことを理由としている。

最後に第8章では、分析結果を要約し、乳牛改良の二重効果についての考察を行い、結論を述べる。

なお分析対象は、北海道酪農である。第3章、第4章、第7章では酪農地帯を対象とした。第3章、第4章では、十勝の酪農地帯である大樹町である^{#12)}。第7章では、早来の乳牛市場を対象としている。対象地域は若干異なるが、家畜市場間の移動コストは低いと考えられ、地域性の差異が分析結果におよぼす影響は小さいものと考えられる。

分析方法は、計量経済学をはじめとする多くの統計的分析手法である。また、アンケート調査を取り入れ、酪農家の乳牛改良行動の実態を把握することにより、本論の結論をより強固なものにしている。

第4節 従来の研究

農業経済学・農業経営学的視点から行われた酪農に関する膨大な研究成果の中から、本論のテーマと関連するものを選び出し、本論の課題がどこまで解きあかされているのかについて述べる。

生乳の生産構造の把握については、生産関数や供給関数を用いての数多い

研究がなされている。

荏開津 (1985) は、農業における生産関数を生物・化学的技術を示す BC 関数と、機械的技術を示す M 関数に分離して定式化したものを、酪農に適用した。生産関数の計測を通じて、規模の経済性の有無、技術進歩とそのバイアス、自家労働の帰属賃金水準等を検討した。データは昭和 32 年から 55 年にいたる「牛乳生産費調査」の地域・階層別の平均値である。

計測の結果、BC 関数と M 関数の決定係数の高さから、牛乳生産は二つの相互補完的な過程の結合であると述べ、規模の経済性については、機械的技術にのみ存在することを示した。技術進歩については、昭和 46 年以降飼料使用的・乳牛資本節約的なバイアスの存在を示した。また、BC 関数の切片項の大きさから、北海道は、生物・化学的技術の面で優位にあったが、その優位性はしだいに消滅していったことを指摘した。また、自家労賃評価から、大規模層において、製造業に匹敵する家族労賃を得ていることを述べ、専門的酪農の成立を示唆した。この研究は、生乳生産の過程から、生物・化学的技術を分離しており、本論で扱われる酪農の生物学的技術の特徴を把握することができる。

大塚 (1985) は、酪農の成長の源泉を規模の経済性の発現という視点から考察するとともに、生乳市場において過剰と不足が発生するメカニズムを究明し、不足払い制度の問題点の再検討を行った。特に、全国レベルのデータを用いて両対数型の供給関数の計測から、計画生産以降は供給量調整は短期的な価格政策に反応して、主に搾乳牛当り乳量の増大で行われたと指摘した。1 頭当り乳量の増大は乳牛改良の主要な成果である。本論のテーマである乳牛改良を扱うことが今日において重要な意義をもっていることを示すものである。

趙 (1982) は、昭和 41 年から 50 年までの牛乳生産費調査個表について、共分散分析法を用いて生産関数を計測した。生産関数の計測により算出された技術効率指数と経営者能力のいくつかの代理変数との計測から、経営者能

力と経営規模の相関関係を、また、総生産費と技術効率指数との関係から経営者能力と慣習的投入財との代替関係の存在を実証している。

なお、経営者能力については、天間（1971）が畑作経営・酪農経営に対するアンケート調査をもとに、農業所得が高く、多くの指導者から認められる成功的農家についての経営者能力を検討している。生活態度をはじめとする生産者のもつ様々な能力のうち、技術に関するものの中から、計画的能力、分析能力、研究心について、成功的農家に格差があることを見いだしている。

その他、多くの文献の中に、酪農の経営者能力の格差がふれられており、酪農の技術の複雑さを物語ると同時に、企業者利潤の存在根拠が伺える。

乳牛改良に関する研究では、いくつかの研究がある。

小林（1976）は、飼料費を考慮した乳牛の維持管理費、生乳収入、子牛収入から、乳牛の投資効率を試算し、産次、調達時産次、廃用価格の変化が与える影響を検討し、最適な更新時期を提示している。試算によると、投資効率は4、5産次で最高となること。調達時産次が高くなると、投資効率が最高に達する飼養年数が短くなること。廃用価格が高くなると、投資効率が最高になる産次数が低下することを明らかにした。加えて、乳牛の減価償却の計算について簡便法を提示している。

また、中村（1983）はマルコフ過程を仮定したシステムダイナミクスを用い、乳価、配合飼料価格、肉牛価格、未經産牛価格の変動による最適更新の決定をシュミレートしている。配合価格の上昇、肉牛価格の上昇が乳牛の保持を強め、乳価の上昇と未經産牛価格の下落が更新を強めるという結果を得ている。

その他、改良技術の普及に関しては、伊藤（1981）が乳牛改良に関する各種事業の変遷と現況から、各種事業の重要性と今後の課題について述べている。梶田（1981）は同様に、各種事業の変遷と、検定済み種雄牛の重要性を指摘している。また、酪農家が行う淘汰の処方箋としての研究としては、鷲田（1980, 1981）が、淘汰の際に考慮すべき項目として産乳能力、疾病、体

型、管理の難易性、乳質を挙げ、それぞれの項目を評点化することにより、淘汰の判断基準にする方法を提案している。澤崎 (1988) は、検定成績を淘汰の際に活用しなければならないことを強調すると同時に、鷺田 (1980, 1981) の方法を用いることを提案している。

さらに、育種学からの分析もいくつか取り上げてみる。

育種学からは、河原・鈴木・三好・光本 (1984) が牛群の産乳量に影響する要因を分析し、牛群の生産性の変化と乳牛検定との関連性について検討している。乳量、乳脂量、乳円価と牛群サイズ (規模) との正の相関関係、産乳量と乳牛検定の実施年次の早さとの正の相関関係が存在していること、種雄牛は牛群の産乳量を増加させる方向に作用していること等をはじめとする、多くの興味深い結果を得ている。

他に、乳牛群の交配構造の把握と産地別 (北海道、アメリカ、カナダ) 父牛の年齢構成の比較を行った Shimizu and others (1985, 1985)、雌牛の地域差、輸入雌牛の改良への貢献度について鈴木・光本 (1987)、乳量、乳脂量の遺伝的ならびに環境的トレンドを推定した鶴田・鈴木・光本 (1990)、乳牛検定の遺伝情報の妥当性を検討した西村・高橋・佐藤 (1990) 等がある。以上はすべて北海道を対象とし、乳牛検定のデータを用いている点に共通点がある。今後、乳牛検定データを用いることにより、乳牛改良について、示唆に富む多くの分析が期待されよう。

以上、酪農に関する膨大な文献のなかから、本論のテーマに即したものを掲げてきた。乳牛の生乳生産への貢献については、生産関数を用いた分析は多くあるが、乳牛投入と技術進歩との関係は明確に吟味されていない。乳牛改良については、様々な設定から最適な更新時期を検討することにより、酪農家の更新の際の一助とすることを目的とした、いわば規範的分析が多くなされている。しかし、現実の個々の乳牛の能力の分散や酪農経営の生産性の格差を視点においた更新に関する分析はなされていない。また、乳牛価格の形成要因に関する分析を行ったものについても、現在のところ見あたらない。

このように、乳牛が投入財的性質・産出物的性質の両面を兼ね備えているという点をふまえ、乳牛改良を、生乳生産構造や選抜・淘汰および乳牛市場の視点から分析した研究例はいまだかつて存在していない。従って、本論の位置づけは、酪農に関する農業経営・農業経済学的分析においての新たな布石になるものといえよう。

なお、本論をまとめるにあたり多くの文献を参照にしたが、それらは、各章で紹介される^{註13)}。

[脚注]

- 1) 農業の技術進歩を機械的技術進歩と生物・化学的技術進歩に分類したのは Heady (1949) である。また、戦前、戦後の農業の生産性の向上については、速水 (1983) により分析されている。
- 2) 誘発的技術進歩については、Hicks (1963), Binswanger and others (1978), Hayami, Ruttan (1985) に詳しい。
- 3) 酪農の専門化の意味について、酪農労働報酬と農業賃金の関係から梶井(1981)、酪農賃金と非農業賃金水準からの意味は荏開津 (1985) により明らかにされている。
- 4) 「畜産統計」によれば、搾乳を開始した乳牛のうち外部からの導入によるものは、更新頭数のうち、昭和 59 年で 11.2%、平成元年で 9.3%であった。
- 5) 資本の質的な差異がヴィンテージにより区別された、体化された技術進歩の概念に基づいている。体化された技術進歩の概念については、荒 (1969), Allen (1967) に詳しい。
- 6) 収益性とは、投下資本に対する利潤の比率、生産性とは、生産要素が生産物の産出に貢献する程度をいう (岩波書店『経済学事典第 2 版』)。本論では、乳牛資本が生む包括的な経済的效果として収益性を用い、乳量や乳脂肪分の増大などの物的・価値的な効果として生産性という用語を用いる。
- 7) Schumpeter によると、『彼らは「新結合を遂行」したのである。彼らは企業者である。そしていかなる債務とも対応しない彼らの利得、すなわちこの余剰こそが企業者利潤である』とある (中山, 東畑 (1977) (下) pp. 17)。ここで、新結合のダイナミックさと企業者利潤の大きさとには、相関があるように思える。シュンペーターは、経済発展に結び付くような大きなものを新結合として捉えている。しかしながら、本論

- では、新結合からの利潤の大きさよりも、利潤自体の意義づけが重要であると考えられる。
- 8) 加用 (1970) は、家畜の経済的性格の一つとして、「家畜飼育における家畜は生産手段に外ならないが、同時に家畜のもつそのものがつねに潜在的に可能的な生産物としての性格、つまり経済的には生産物としての商品価値または商品化能性をも併有している」と指摘している (加用 (1970) pp. 245)。また、規模拡大や事故による補充のためにも、乳牛市場は形成されるが、乳牛価格のもつインセンティブは変わらない。
 - 9) 個体販売収入のウェイトは農家経済調査によると昭和 63 年で 30.7% である。
 - 10) 第 5 章は乳牛改良の直接的な生産構造への貢献ではなく、乳牛資本の投入自体の貢献を明らかにすることを目的としているので、他の生産要素と同等の基準で計られなければならない。そのために、モデル上は乳牛資本に対して体化された技術進歩を仮定せず、データ上で質的向上が反映されるように分析を行なっている。
 - 11) 乳牛の価格には、肉牛市場と資産保有動機からの影響も加わる。肉牛価格については、牛肉の需給関係を取り込んだ分析を行わざるをえないが、この点は本論のテーマから大きく離脱する。また、資産保有動機についても、農地の売買と同様の視点において、全く別のフレームワークにより捉えられなければならない。従って、価格条件については、本論において充分吟味することはできなかった。ところで、家畜共済保険市場においておこりがちな、乳牛の淘汰の際のモラルハザードについては、乳牛改良に与える影響は小さいものと仮定する。
 - 12) 地域の位置づけについては、第 3 章においてふれられている。
 - 13) 本論文は、過去 3 年間の研究成果に依拠している。引用・参考文献を参照のこと。

第 2 章 乳牛改良関係事業と酪農家の乳牛改良

第 2 章では、試験研究機関や改良事業体による乳牛の改良技術の供給体制の変遷と普及の状況を簡潔に述べると同時に、酪農家の乳牛改良との結びつきについてふれる。主に、人工授精の普及、種畜の輸入、後代検定事業、登録事業、乳牛検定事業について取り上げる。^{#1)}

第 1 節 人工授精の普及と後代検定事業

1. 人工授精の普及

北海道では、人工授精は、戦前から馬に対して実施されていた。春の繁殖期での特定の優良種牡馬への交配希望のかたよりを緩和するため、1回の採取精液をその場で分割、希釈するものであった。

当時の牛の繁殖については、種畜場や種雄牛係留酪農家周辺の酪農家において自然交配を実施する程度であった。人工授精については、昭和 16 年真駒内の農業試験場畜産部で初めて行われた。その後、昭和 17 年八雲町、昭和 19 年中標津町、昭和 21 年に清水町および大樹町に人工授精所が設置された。このように、戦前、戦中は、各地に人工授精所が設置され始め、普及が萌芽しはじめた時期であるといえる。

牛の精液が馬のものとは異なる点は、精液の採取回数に制限を受けない、精子の寿命が長い、精液は高倍率希釈可能、精液注入量が少なく済むこと等があげられる。精液の性質自体が、人工授精の普及を容易にするものであったといえる。

また、人工授精のスタートは、昭和 17 年、トリコモナスによる伝染性流産が発生し、それを契機として、伝染防止のために行われたことによる。このように人工授精は当初、改良手段というよりも、種雄牛の飼育管理費用の軽減や繁殖における伝染病予防等の面に重点がおかれていたのである。

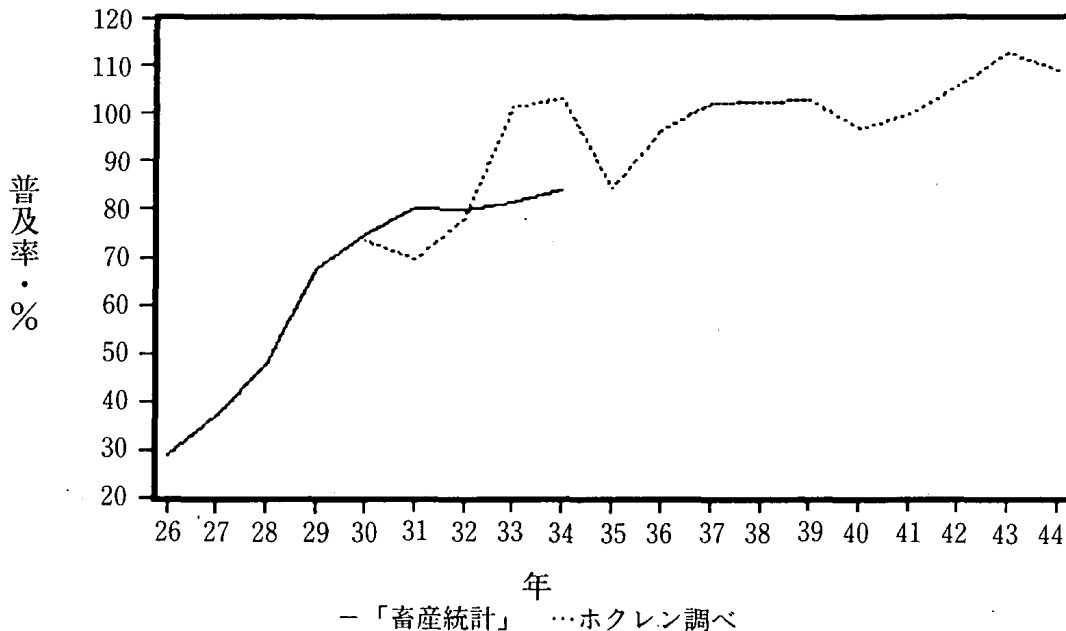
昭和 22 年には、「家畜人工授精所施設補助規則」が実施され、昭和 26 年までに、89カ所の授精所が設立され、器具、機械類の購入が補助された。さらに、昭和 25 年の「家畜改良増殖法」により、昭和 26 年「家畜人工授精所整備 5 か年計画」が立てられた。それによると、北海道についてみると、乳牛頭数の分布ならびに交通条件等により北海道が 11 ブロックに分けられ、各ブロックにメインステーションが 1 カ所おかれた。そしてメインステーションの下部組織としてサブステーションを計 219カ所設置するというものであつ

た。同年北海道立家畜人工授精所が設立され、北海道のセンターステーションならびに人工授精師の養成機関としての役割を果たしている。この時期は、公的補助を受けながら人工授精所が整備され、液状精液の普及体制が確立された時期といえる。

2. 凍結精液による人工授精の普及

その後、人工授精の技術自体も進歩し、昭和32年北海道立家畜人工授精所において、アンプル式からストロー式精液管に変わり、頸管内深部注入技術の実用化が始まった。また、凍結精液については、昭和32年から農技研家畜部繁殖科が中心になり、野外試験が実施され、その後京都大学農学部等をはじめとした各試験研究機関において、継続的に試験研究が実施された。また、

図2-1 人工授精普及率
(北海道、昭和26~44年)



- 注1) 「畜産統計」による普及率とは、人工授精頭数/種付雌頭数であり、頭数は両者ともに「畜産統計」による。
- 注2) ホクレン調べとは、ホクレン畜産事業本部「昭和44年北海道乳牛人工授精実施成績」による。普及率とは、人工授精実頭数/めす2歳以上乳牛頭数である。なお、めす2歳以上乳牛頭数は農林水産省北海道統計情報事務所「北海道農林水産統計年報」による。資料の出所が異なるので、計算上普及率が100%を越えることもありうる。

昭和 35 年に凍結精液研究会が創立されており、実用的な普及に向けての基礎が築かれた。

そして昭和 39 年には、凍結精液保管器設置事業が始まり、補助により、液体窒素を用いた凍結精液保管器具が設置され、実用化に向けての全国的な基盤ができ上がった。翌昭和 40 年には、凍結精液の広域配布を目的として、家畜改良事業団が設立され、凍結精液の実際的な利用を促した。このように、今日ある人工授精組織は、凍結精液による人工授精の普及にともないながら確立されてきているといえる。

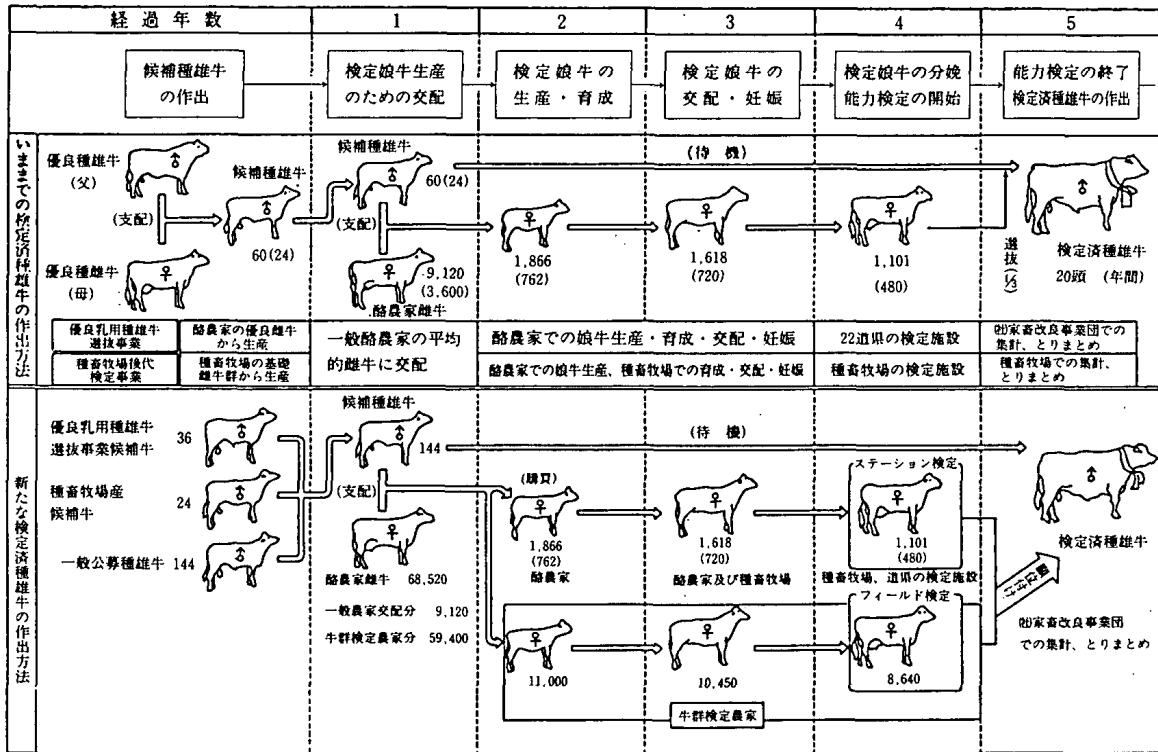
なお、北海道における普及率を図 2-1 に示したが、短期間に急速な勢いで普及したことがわかる。

しかしながら人工授精の普及が酪農家の乳牛改良とむすびつくためには、種雄牛の能力が把握され、高能力なものを選抜していかなければならない。そこで、次にこのことに重要な役割を果たした後代検定事業の変遷について述べる。

3. 後代検定事業の変遷

人工授精が普及した当時は、改良よりも種雄牛飼養管理費用の逓減あるいは病気の子防を目的として、人工授精により交配を行ったため、酪農家が、種雄牛が低能力であることを認識しないまま、交配雌牛頭数を増大させてしまう危険性があった。そこで、種雄牛の能力を把握するための「乳用種雄牛性能調査事業」が昭和 38 年から始まった。しかし、飼養規模が零細なことと酪農家の飼養管理の技術水準についての格差が大きいことにより、成功しなかった。その後、昭和 44 年から、農林省種畜牧場で「種畜牧場乳用種雄牛後代検定事業」が、また、昭和 46 年から道県の検定場で検定を行う「優良乳用種雄牛後代検定事業」が始まっている。さらに、酪農家の現場で検定を行う「乳用牛改良推進事業」が、昭和 59 年から、牛群検定事業も含めたかたちで始まり、今日に至っている。

図 2-2 乳牛の後代検定手法



注) 家畜改良研究会『家畜改良増殖の新しい制度と技術』pp. 53より抜粋。
数字は頭数であり、()内は種畜牧場からの頭数である。

この「乳用牛改良推進事業」の特徴を述べると、第1に、候補種雄牛が従来年間60頭であったが、144頭となり、従来の倍以上の候補牛が作出されること。第2に、候補種雄牛の娘牛の泌乳能力検定は、国、道県の検定施設(ステーション)に加え、牛群検定農家(フィールド)でも行われるので、酪農家自ら後代検定に参加することになること。第3に、種雄牛の予備選抜から、その娘牛たちが初産検定を終了し、選抜順位が発表されるまでの4年間は候補種雄牛の精液は供用されないこと。第4に、全国統一された能力表示で多数の検定済種雄牛を世に送りだし、組織的な改良を一層進めることである。すなわち、従来に比べて、一層、優良な種雄牛を供給する可能性をもったといえる。なお、後代検定の手法を図2-2に示した。非常に強い選抜圧により、優良な種雄牛が得られる仕組みになっていることがわかる。

第 2 節 種雄牛の供給

1. 種畜の導入とブリーダーの役割

酪農のスタートは、諸外国からの乳牛の輸入によってはじまったため、優良な種雄牛の確保も輸入牛に頼らざるを得ないものとなっている。戦前は、官庁が主体となり、ホルスタイン種を中心として、エアシャー種等の品種が導入されたが、昭和の初期までに、ホルスタイン種一色となった。しかし、積極的に乳牛改良を意図することよりも、単に乳牛の飼養を普及することを目的としていたと思われる。

昭和 22 年ララ物資^{#2)}として、アメリカから種雄牛 25 頭が輸入され、北海道をはじめとする各都府県に配布された。しかし、体型、資質、母方の能力、血統等の点から、改良には役立ち難いとみなされたものが多かった。

その後、北海道においては、昭和 25 年に、アメリカから精液の輸入が行われ、八雲町に導入され、さらに、昭和 26 年から種雄牛そのもの 4 頭が輸入された。それ以降、種雄牛輸入が本格的に始まった。輸入主体は国、道、農業団体、個人であり、アメリカ、カナダからのものが多い。輸入の実績を『北海道農業発達史』で見ると、昭和 22 年から昭和 37 年までは、個人についてもれはあるが、官庁 7 (9)、農業団体 16 (27)、個人 3 (14)、その他 4 (1) となっている(括弧内は雌牛)。現在、供用可能な種雄牛のうち、産地が国外であるものは、昭和 61 年においては 53.7%であり、アメリカとカナダが中心である^{#3)}。

ここで注目すべき点は、戦後の個人による種雄牛の輸入ということと、当初は輸入にたよったにもかかわらず、現在では約半数の種雄牛の産地が国内(北海道)であるということである。これはいわゆるブリーダーと呼ばれた人々の貢献を示している。そこで、ブリーダーの姿を『遠浅酪農史』から探ってみた。

①労働力についてみると、中下位層の酪農家は学生の実習生が多いが、ブリーダー、上位階層含めて、府県からの実習生が年雇、季節雇として参加している。

②優秀な種畜用基礎牛を外国から輸入し、全国的にその名を知られる優良種牛と搾乳牛の生産を可能にした。

③収入のうち個体販売が多く、個体販売と乳代との比率は一般酪農家が約25：75であるのに対し、ブリーダーは45：55となっている。

④販売される個体の価格が平均で4割～5割高値である。

①については、技術が高度なこと、恒常的雇用が可能な程の収益を得ていることを物語っている。②から④については、地域内のみならず広範囲な一般酪農家の乳牛改良に大きく貢献したことの傍証である。

乳牛改良といえばブリーダーを連想する人々が多いように、ほとんどの技術の普及が試験研究機関や改良事業体による農業のなかでも、酪農のブリーダーについては、精液の供給者としての役割は大きなものがあつた。環境も異なるために、国内で能力が充分発揮できるかどうか不明な国外の乳牛を導入することについての費用とリスクを負担し、その息子牛・娘牛を育てながら、酪農家の乳牛改良に貢献したという点である^{#4)}。

しかしながら、後代検定事業が出現し、それに対抗できるほどの大きな費用までは負担することができず、明治時代の老農が歩んだ道と同様に、公的機関に改良技術の供給がとってかわられてしまったのである。

2. 検定済種雄牛の利用

後代検定事業によって選抜された検定済種雄牛の泌乳能力は、乳量、乳成分、体型について、「改良度」という育種価で示されている。改良度とは、種雄牛が遺伝的にどれくらい優れているかを表すもので、それにより娘牛の能力が予測できるものである。掲載されている種雄牛の能力は、MGSモデルによるBLUP（最良線形不偏予測）法を採用しており、高度な遺伝学、統計学

に基づいて算出された値である^{#5)}。

種雄牛の能力を一覧表にしたものが北海道家畜改良事業団によって、昭和 61 年により「北海道種雄牛評価概要」としてとりまとめられた。1706 頭の種雄牛の能力が載っている。また、平成元年度からは「乳用種雄牛評価成績」として全国を一括して家畜改良事業団がとりまとめている。

実際の利用に当たっては、農協や改良組合、共済組合等により、地域の事情も考慮しながら種雄牛を数頭に絞り上げた後、酪農家に対して奨励をしている場合が多い。また、種雄牛の選定は、酪農家自身により行われる場合もあるが、獣医師等との相談によっても行われる場合もある^{#6)}。

3. 「家畜改良増殖法」と輸入精液の規制緩和

従来、学術研究用としてのみ使用が認められていた輸入精液が、昭和 58 年の「家畜改良増殖法」の改正により、輸入に対する制限が緩和された。

そもそも家畜改良に関する法律は、種畜の衛生上での規制を主な内容としている。法律としては、明治 30 年に「種牡馬検査法」が制定されたのがはじめてであり、それ以前は明治 18 年に、種牡馬取締上の資格基準に基づいた県段階での規制があった。牛については、明治 40 年に「種牡牛検査法」が制定されている。戦後、牛馬併せて、昭和 23 年の「種畜法」が制定されたが、伝染病の予防を主眼としていた。そして、昭和 25 年に「家畜改良増殖法」が制定され、はじめて人工授精が法的に姿を表した。

昭和 58 年の改正は、昭和 36 年の改正に次ぐ第 2 次改正である。改正の要点は、家畜受精卵移植に関わる規制の創設、輸入に係る家畜人工授精用精液及び家畜受精卵の利用に関する措置、家畜人工授精師制度の改善である。次世代の新技术である受精卵移植に関して制度化された点が特徴的である。

輸入精液の利用については、血統、能力及び体型による等級、遺伝性疾患及び繁殖機能の障害を有しないこと等が外国の公的機関から確認されたものに限り、国内での譲渡、利用が可能となっている。なお、輸入精液の販売に

あたっては、学識経験者や生産者代表から構成される委員会である家畜精液輸入協議会が設立され、奨励種雄牛の選定、生産者に対する情報の提供等を行っている。

戦後間もない頃に行われた種畜の輸入が、現在、法的根拠を持った精液の輸入として姿を変えた。それは、種雄牛の能力については、国外の改良技術の方がいまだに高度であることを示すものである。平成元年度において大樹町で奨励されている種雄牛は25頭であるが、カナダからの輸入精液は4頭、アメリカからは2頭となっていた。しかしながら、酪農家にとっては、高能力な種雄牛の選定範囲が一層広がったことに意義が認められるのである。

4. 人工授精と後代検定

人工授精と後代検定との関係については、後代検定事業における結び付きと、酪農家におけるものとの、2つの結び付きがある。

伊藤(1981)は、後代検定事業と人工授精との結び付きについて、次の3点を挙げている。第1に、交配に必要な種雄牛頭数を減少させることが可能となり、種雄牛の選抜度を一層強くさせることが可能であること。第2に、種雄牛の後代検定を早期に終了させることが可能となること(世代間隔の短縮により改良速度を高めうる)。第3に、種雄牛の後代検定用娘牛の配置を適正に計画・実施し、後代検定の正確度を高めることが可能となることである。

先に述べた牛の精液のもつ性質がゆえに、長期的な保存が可能な凍結精液による人工授精によって、後代検定事業の遂行を効率的にしたという、技術と制度の結び付きがここにみられる。一方、後代検定事業により、強い選抜圧と長期の年月をかけた、優良な種雄牛が選出されている。そこで初めて、人工授精と後代検定事業がセットとなり、酪農家の乳牛改良へ貢献するのである。

このように後代検定事業により優良な種雄牛が選抜され、しかも輸入精液が普及し始めた状況では、人工授精の意義は、酪農家の高能力な種雄牛の利

用が広がることにある。酪農家にとっては、高能力な種雄牛の利用範囲が広がることにより、改良の目的あるいは、自己の生乳生産技術に応じて選定することが可能となり、より効率的な乳牛改良を進めることができる。すなわち、人工授精は酪農家における乳牛改良の基礎をきずいたといえる。

第3節 乳牛能力検定事業の役割

1. 登録事業と能力検定

旧来の乳牛改良は、人工授精の進展と普及を背景として、主に雄牛側に重点が置かれながら進められてきた。しかし、雌牛の側については、登録事業や共進会での情報をもとにして、酪農家の経験に基づいて行われる程度であった。

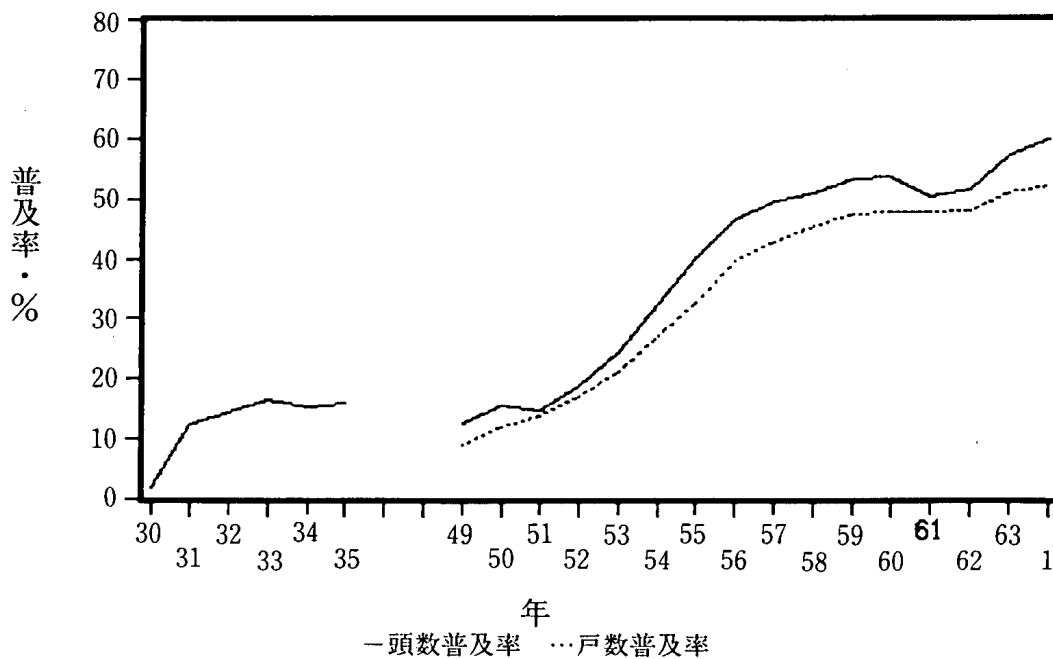
ホルスタイン種の登録事業は、明治44年に日本蘭牛協会により始まっている。北海道においては、大正7年に、北海道畜産組合連合会が血統登録と能力検定を開始し、戦後は、昭和21年から北海道ホルスタイン協会が引き継いでいる。登録事業は、血統登録、高等登録（昭和60年廃止）、種系登録からなる。このうち、高等登録は、産乳能力の検定も行われ、登録事業と能力検定が結びついていた。

酪農家の乳牛改良においては、体型評価については登録事業で行うことができ、産乳能力の把握は特に高等登録によって可能である。高等登録牛であれば、体型と産乳能力の把握ができる。しかし、高等登録牛はわずか数%であり、また、高等登録の検定は、審査のための検定としての性格が強い。そのために、乳牛改良の際には、高等登録牛を母牛とする程度でしか貢献できなく、能力の低い駄牛を淘汰するようなために、能力検定を用いるようなことはできない。従って、登録事業は、酪農家の乳牛改良に対しては、体型からの改良についての必要な情報を得ることや、近親交配を防ぐというような血統の保持における役割をしてきたのである。

2. 乳牛能力検定事業の推移

北海道での乳牛能力検定事業は、北海道畜産組合連合会によって大正7年から、血統登録と併せて開始された。昭和16年には「乳牛能力検定事業奨励規則」が公布され、翌年大樹町で実施されている。その後、昭和26年、乳牛検定組合20組合が設立され、381戸により、能力検定を開始したが、指導体制の不十分さ、資金不足、成績を活用し得なかった等の理由により、あまり普及しなかった。しかし、昭和34年には「乳牛産乳能力検定事業」が始まり、畜産特技普及員制度も合わせて設置され、乳牛個体の年次検定を経営の分析資料として役立たせる方向へ進んだ。

図2-3 乳牛能力検定普及率(北海道)
(昭和30~35年, 昭和49~平成1年)



- 注1) 昭和30~35年の頭数普及率とは、乳牛経済検定実績頭数/めす2歳以上乳用牛頭数。乳牛経済検定実績頭数は、北海道立総合経済研究所『北海道農業発達史』、めす2歳以上乳用牛頭数は、農林水産省北海道統計情報事務所「北海道農林水産統計年報」による。
- 2) 昭和49~平成1年の頭数普及率とは、マスター登録頭数/めす2歳以上乳牛頭数。戸数普及率とは、検定農家数/乳用牛飼養農家数。マスター登録頭数および検定農家数は、北海道乳牛検定協会「平成元年乳検成績概要」、めす2歳以上乳牛頭数および乳用牛飼養農家数は農林水産省北海道統計情報事務所「北海道農林水産統計年報」による。

当時の普及率を図 2-3 からみると、現在に比べて決して高いものとは言えない。それは、当時の経営規模が零細でありまた、副業的な酪農であったために、能力検定の必要性が少なかったためであると考えられる。

現在の乳牛能力検定事業は、昭和 49 年「乳用牛群改良推進事業」（昭和 59 年より「乳用牛群総合改良推進事業」と改称）として始まっている。これは、乳牛の組織的な能力検定を推進することにより、優良乳用雌牛の選抜確保と酪農経営の改善合理化を図ることを目的としている。北海道においては、道が事業主体となり、国から 1/2 の補助を受け、北海道乳牛検定協会に業務を委託して始まり、現在に至っている。

3. 乳検情報の利用

組合加入酪農家は、毎月 1 回検定を受け、検定データをえる。データは、北海道乳牛検定協会の計算センターで集計、分析され、検定成績として、酪農家の手元に返される。検定成績には、生年月日などの個体の識別に関する情報、乳量、乳脂肪分などの泌乳能力や繁殖能力、疾病状況に関する情報が記載されている。その他、育種価等の乳牛改良に関する情報も得ることができる(表 2-1)。これらの検定成績は、大型計算機や統計学等の高度な科学技術水準によらなければ、供給が不可能である。

酪農家が負担する費用は、乳検組合の運営負担金である。負担金は 1 戸当たり 20,000 円と出荷数量 kg 当りの 30 銭である。年間 300 トンを出荷するならば、110,000 円 ($=20,000+0.3\times 300,000$) である。

これらの情報の利用により多大な生産性の向上に結び付くことにちがいない。また、検定成績は、乳牛改良、飼養管理、飼料投入などの幅広い範囲での利用が可能である。特に乳牛改良においては、淘汰の判定に用いられる。それは、乳量、乳脂肪分、体細胞にはじまり育種価等の酪農家段階では把握できない情報が得られるからである。従って乳牛の能力差を正しく認識することができ、酪農家段階で乳牛改良により生産性を向上させることを可能と

表 2-1 乳牛検定協会による各種情報の発行

情報名	内 容	発行 区分	配 布 先			発行開始 年 度	
			検定農家	組 合	連 合 会		
検定成績表	検定農家毎の毎月の検定記録にもとづく個体および牛群の検定成績	月報	●	●	●	年度 49	
月別1日1頭当たり 検定成績速報	市町村別の毎月の1日1頭当たり検定成績	月報			●	52	
検定実施件数調査 表	市町村別の毎月のマスター登録および 検定実施数	月報		●		52	
検定終了通知書	乳期の検定終了の都度、個体の成績と その時点までの生涯成績	月報	●			54	
個体繁殖情報	初産分娩月齢および次回授精月日の指 標	月報	希 望 農 家 に 有 料 で 配 布			58	
繁殖管理作業月報	発情調査、受胎確認、乾乳予定、分娩 予定牛の繁殖作業指示	月報					61
繁殖管理作業表	分娩間隔、発情調査、乾乳予定、分娩 予定牛別の繁殖作業指示	随時					60
繁殖管理状況一 覧表	授精記録、分娩記録等による毎月末の 個体毎の繁殖状況一覧表	月報					60
牛群繁殖月報	繁殖記録による移動1年間の牛群全体 の繁殖関係情報	月報					60
牛群繁殖遺伝情報	近親交配となる種雄牛の表示とHPD、 HCIによる子牛の遺伝指数	月報					61
北海道種雄牛評価 概要 (HPD)	乳量、乳脂量、乳脂率、無脂固形分量、 無脂固形分率、乳代円についての種雄 牛の遺伝的評価値	半年 報	●	●	●	59	
牛群改良情報 (HCI・PA)	乳量、乳脂量、乳脂率、無脂固形分量、 無脂固形分率、乳代円についての雌牛の遺 伝的評価(CI)および生産指数(PA)	半年 報	●			60	
年間検定成績報告 書	毎年1~12月間における個体の生産量、 分娩間隔、経産牛1頭当たり能力など	年報	●	●	●	56	
検定成績年報	毎年度内に乳期の検定を終了した個体 の能力順リスト	年報	●	●	●	55	
乳検成績概要	毎年1~12月間における個体の検定成 績の地区別集計、分析	年報	希 望 者 に 有 料 で 配 布	●	●	56	
個体の305日間成績	年度内に乳器の検定を終了した個体の 305日間成績の集計、分析	年報		●	●	52	

注) 北海道乳牛検定協会「乳検概要」より抜粋。

するものである。

しかし、図2-3に示した普及率をみると、平成2年度で6割程度であり、酪農を一つの産業とみなして生産性の向上を期待するという視点からみれば、普及率は決して高いとはいえない。加えて、酪農家の利用の仕方や、乳検組合等の検定成績の利用に関する指導体制のあり方によっても、必ずしも生産性の向上に結び付いているとは限らない^{註7)}。酪農家の技術、知識、経験

からみて、利用の仕方は当然様々なものとなるであろう。従って、乳検情報の供給は乳牛改良の一助となるものの、酪農家への普及の程度や現場での活用程度の格差が存在しており、酪農家の乳牛の改良技術の個別性として集約できる。

第 4 節 乳検情報と酪農家の乳牛改良

1. 乳牛の更新

酪農家の乳牛改良において、乳検情報は乳牛の能力の把握のために用いられる。乳牛の能力を知ることができれば、能力の低いものを除くことである乳牛の淘汰に役立ち、娘牛を更新牛とする際の母牛の選抜に用いることもできる。繁殖能力や疾病などは、乳検情報がなくても把握は可能であるが、特に産乳能力は、今日の多頭飼育のもとでは、酪農家段階において把握し難い能力である。本節では、乳牛の更新や淘汰の実態とそこでの乳検情報の乳牛改良における役割を述べる。はじめに乳牛の更新について述べる。

乳牛の更新は、自家育成牛による方法と外部からの購入による方法とがある。自家育成牛は血統、発育が明確であり、母牛の能力が熟知されていれば、初産後に発揮する能力もある程度予測可能である。しかし、外部からのものは、血統、体型、乳器の発達等の多くの情報をもとに購入を決定しなければならない。

そこで、「畜産統計」から乳牛の更新の実態を探ってみる。まず、表 2-2 は昭和 43 年と昭和 49 年について成畜の導入状況別の乳用牛飼養戸数を頭数規模別にみたものである。昭和 43 年では、自家のみによるものが 27.3% であるが、昭和 49 年では、68.2% となっている。また、購入も付随して行っている酪農家数も減少しており、自家育成を中心とする更新へ移行している状況を示すものである。頭数規模別では両年とも、3 頭以上の階層において、自家育成へ移行している姿が読み取れる。

表 2-2 成畜の導入状況別乳用牛飼養戸数(昭和43、49年、北海道)
(単位：戸、%)

	頭数規模	飼養戸数	自家のみ	自家及購入	購入のみ
昭和43年	1-2	5,940	45.1	16.0	38.9
	3-9	18,490	26.8	61.5	11.7
	10-19	8,450	18.0	80.5	1.5
	20-49	1,740	17.2	81.6	1.7
	50-	0	0.0	0.0	0.0
	計・平均	34,620	27.3	59.3	13.4
昭和49年	1-2	4,630	43.6	18.6	37.8
	3-9	8,510	82.1	13.4	4.5
	10-19	9,746	71.2	24.7	4.1
	20-49	5,992	63.4	35.3	1.3
	50-	173	38.7	56.1	5.2
	計・平均	29,050	68.2	22.8	9.0

注1) 成畜とは満2歳以上の牛をいう。

2) 昭和43年、昭和49年「畜産統計」による。

次に表2-3は昭和59年と平成元年について経産牛の更新状況を示したものである。ここからは、自家のみ、購入のみという明確な区分による読み取りはできない。両年とも9割方自家育成を中心としている。平成元年にかけては、外部からのものが減少している。また、規模階層でも、若干の小規模層を除いて、戸数・頭数の両者について、外部によるものが減少している。

このように、更新の多くが自家育成によっている。このことの理由は、自家育成牛の能力が向上していることによるものであり、また購入にかかる費用よりも育成費の方が低く、しかも能力のリスクが小さいことによると考えられる。経産牛を外部から導入する理由を昭和59年の「畜産統計」でみると、「自家生産では良質牛が少ない」が20.4%、「規模拡大をするため」が14.6%、「改良基礎牛を導入するため」が35.7%であり、乳牛改良を中心的な目的としている。

以上から、年次的な推移では、自家育成による更新へと移行してきている。

表 2-3 経産牛の更新状況 (昭和59年、平成元年、北海道)

(単位：戸、%)

	頭数規模	更新戸数 (実戸数)	自家生産 (戸数比)	外部から導入 (実戸数比)	自家生産 (頭数比)	外部から導入 (頭数比)	1 戸 当 更新頭数
昭 和 59 年	1-4	130	84.6	19.2	73.7	22.1	1.46
	5-9	710	88.7	15.5	86.6	13.4	1.58
	10-14	1,120	94.6	21.4	83.1	16.9	2.12
	15-19	1,160	97.4	8.0	93.4	6.6	2.75
	20-29	3,480	96.8	28.2	88.2	11.5	4.40
	30-49	6,230	98.1	26.8	90.0	9.9	6.77
	50-	1,960	100.0	34.2	86.6	13.3	10.66
	計・平均	14,800	97.3	25.5	88.8	11.2	5.76
平 成 元 年	1-4	390	81.7	18.3	71.3	28.7	1.57
	5-9	730	87.5	17.5	83.3	16.7	2.25
	10-14	930	93.5	16.9	83.9	16.1	2.74
	15-19	1,070	99.0	6.4	97.6	2.4	3.44
	20-29	2,760	97.0	20.8	88.9	9.6	5.27
	30-49	5,880	99.5	22.5	91.9	8.2	8.34
	50-	2,580	98.4	15.1	88.3	10.8	13.76
	計・平均	14,300	97.7	18.9	90.6	9.3	7.85

注 1) 自家生産とは、自家で出生した牛が搾乳を開始したものをいい、外部からの導入とは、自家生産以外のもので、購入した未經産牛・経産牛で搾乳を開始したものをいう。なお、輸入牛は含まれない。

2) 自家生産 (戸数比) = 自家生産戸数 / 更新実戸数

3) 外部から導入 (実戸数比) = 外部から導入実戸数 / 更新実戸数

4) 自家生産 (頭数比) = 自家生産頭数 / (自家生産頭数 + 外部から導入頭数)

5) 外部から導入 (頭数比) = 外部から導入頭数 / (自家生産頭数 + 外部から導入頭数)

6) 1 戸当り更新頭数 = (自家生産頭数 + 外部から導入頭数) / 更新実戸数

7) 昭和59年、平成元年「畜産統計」による。

規模階層間でみると、中規模階層以上で自家育成を中心としているといえる。このように、乳牛の更新は、自家育成を中心として行われているのである。また同時に、この間一貫して頭数規模の拡大がみられた。自家育成牛の更新により、規模拡大を計ってきた姿も伺われる。

自家育成の場合にせよ、外部からの購入による場合にせよ、乳牛改良を目的とする場合は、能力の把握が基本である。母牛をはじめとする先祖牛の能力の把握なしには、乳牛改良を目的としても、生産性の向上はなされない。従って乳検情報は、乳牛の更新が生産性向上に結び付くための一助となると

いえる。

2. 乳牛の淘汰

乳牛の淘汰の実態を表2-4から把握してみよう。昭和59年と平成元年の両年ともに、すべての規模階層で淘汰頭数が増加している。表2-4での導入頭数との比率をみると、上層の階層ほど淘汰の割合は少なく、なおかつ平成元年の方が減少しており、規模拡大への動きを示していることが読み取れる。

次に、表2-5に経産牛の淘汰の理由を掲げた。理由として乳房炎が増加しており、繁殖障害は減少している。また、その他が6.5%から21.1%へ急増しているのは、体細胞数に対するペナルティ制度の圧力によるものと考えられる。

また、淘汰理由の内容上単純に昭和59年と平成元年を比較することはできないが、乳量や乳成分に関する能力による淘汰は、両年とも約2割の農家数によって行われている。ここに乳検情報の役割があるといえよう。疾病や繁

表2-4 経産牛の淘汰戸数、頭数 (昭和59年、平成元年、北海道)
(単位：戸、頭、%)

頭数規模	昭和59年			平成元年		
	淘汰戸数 (実戸数)	一戸当 淘汰頭数	淘汰/ 更新	淘汰戸数 (実戸数)	一戸当 淘汰頭数	淘汰/ 更新
1-4	130	1.77	121.1	70	2.71	173.3
5-9	700	2.04	129.5	310	3.48	154.8
10-14	880	2.28	107.9	740	3.05	111.5
15-19	1,250	2.65	96.3	910	3.04	88.5
20-29	3,520	3.75	85.3	2,480	4.15	78.9
30-49	6,210	5.94	87.7	5,700	6.18	74.0
50-	1,980	9.44	88.6	2,530	10.67	77.6
計・平均	14,700	5.16	89.6	12,700	6.20	79.0

注1) 淘汰とは、泌乳能力の低下、疾病・障害・老齢により、その家の経営から除外することをいう。

2) 淘汰/導入とは、本表1戸当り淘汰頭数を表2-3の1戸当り更新頭数で除して百分率で表したものの。

3) 昭和59年、平成元年「畜産統計」による。

表 2-5 経産牛の淘汰の主な理由別農家数 (昭和59年、平成元年、北海道)

(単位：戸、%)

昭和 59 年		平成 元 年	
淘汰戸数	14,700戸	淘汰戸数	12,700戸
乳量が低い	22.7	能力が低い	19.4
乳成分が低い	0.7	乳房炎	23.1
体型・乳器が悪い	1.0	繁殖障害	28.2
乳房炎	14.7	肢蹄障害起立不能	8.4
繁殖障害	39.9	一腹搾り	0.2
肢蹄障害起立不能	14.4	その他	21.1
搾りにくい	0.1		
気性が荒い	0.0		
その他	6.5		

注 1) 淘汰の定義は表 2-4 に同じ。

2) 平成元年における「能力が低い」とは、経営内において経済的な目安としている乳量より泌乳量が低下したり、期待した泌乳量に達しないことまたは脂肪・無脂固形分(蛋白質・乳糖等)などの乳成分の割合が低いことをいう。なお、老齢により乳量が低下したものはここには含まれない。

3) 百分率は淘汰戸数に対する割合である。

4) 昭和59年、平成元年「畜産統計」による。

殖障害による淘汰は、生産性の低下を止めるという意味での消極的な淘汰であり、乳量などの能力によるものは、生産性の向上を目指すという積極的な淘汰であるとの意味づけが可能である。疾病や繁殖障害は、飼養管理が行き届いていれば、乳検情報なしでも把握は可能である。すると、乳検情報は積極的な生産性の向上の方へ寄与するものであるといえる。

そこで、実際に乳検情報がどのように使われているのかを表 2-6 に掲げた。表の上段は利用の程度を掲げたものである。各種のチェック項目の中で、「よく利用する」ものが一番多いのは、「乳牛淘汰の判断に」「乳量向上のチェックに」「乳成分改善のチェックに」「体細胞数等のチェックに」である。同様に下段に掲げた乳検利用の効果についてみると、「十分な効果があった」ものは、「乳牛淘汰の判断に」「乳成分改善のチェックに」「体細胞数等のチェッ

表 2 - 6 乳検情報の利用および効果 (大樹町)

(単位：戸、%)

各種チェック項目	回答戸数	よく利用 する(%)	ときどき 利用(%)	あまり利用 しない(%)	全然利用 しない(%)
繁殖管理に	131	35.9	38.9	19.8	5.3
飼料給与の改善に	129	34.9	41.1	17.1	7.0
乳牛淘汰の判断に	127	49.6	39.4	7.1	3.9
乳量向上のチェックに	125	49.6	37.6	10.4	2.4
乳成分改善のチェックに	124	48.4	39.5	8.9	3.2
体細胞数等のチェックに	129	90.7	8.5		
疾病のチェックに	118	11.0	34.7	38.1	16.1
その他	4	50.5			50.0

各種チェック項目	回答戸数	十分な効果 があった(%)	多少の効果 があった(%)	あまり効果 がなかった(%)	全然効果が なかった(%)	わからない
繁殖管理に	122	15.6	50.0	21.3	2.5	10.7
飼料給与の改善に	123	20.3	52.8	15.4	1.6	9.8
乳牛淘汰の判断に	119	47.1	31.9	10.1	3.4	7.6
乳量向上のチェックに	124	39.5	46.0	8.4	2.4	3.2
乳成分改善のチェックに	122	45.1	36.1	13.1	2.5	3.3
体細胞数等のチェックに	124	69.4	21.8	5.6	1.6	1.6
疾病のチェックに	118	8.5	37.3	27.1	8.5	18.6
その他	3					100.0

注) 大樹町酪農家へのアンケート調査 (天間、伊藤、駒木 (1991)) の集計結果による。

クに」がある。なかでも体細胞数はよく利用されており、ペナルティ制度の圧力のために、直接に淘汰へ結び付くものであることを考えると、乳牛の淘汰のための乳検情報の利用は重要であるといえる。

最初に述べた自家育成による乳牛の更新の際の前段階としての母牛の選抜の際において、この乳検情報が役に立つはずである。また、外部から購入する際にも乳検情報が付随していれば、改良基礎牛としての判断の材料になりうる。酪農家の乳牛改良が自家育成を中心とした乳牛の更新や低能力牛の淘汰等を中心として行われている状況では、確実な能力の把握が必要であることは言うまでもない。そのための乳検情報の利用は、積極的な改良による生産性の向上の一助となるものであるといえる。

第 5 節 制度と乳牛改良

第 2 章では、人工授精の普及、種畜の輸入、後代検定事業、登録事業、乳牛検定事業を取り上げ、それらの変遷を簡潔に述べ、また酪農家の乳牛改良との結びつきを明らかにした。酪農家が乳牛改良により、生産性を向上させる際に試験研究機関や改良事業体の担う部分は、優良種雄牛の供給と乳牛の能力に関する情報の供給である。その費用とリスクはもともと大きなものであるが、酪農家段階ではそれに比すと大きな負担にはなっていない。研究開発に要する費用とリスクが、生産者とはほぼ独立であり、生産者の負担はあまり大きくならないということは、農業における研究開発の特質である。

優良種雄牛の供給については、ブリーダーが長く貢献してきたが、現在は人工授精に後代検定事業および精液の輸入規制緩和とが結びつくことにより、酪農家の乳牛改良に貢献している。このことは、人工授精の普及という技術進歩が、制度変化を誘発するという誘発的技術進歩仮説の妥当性を示唆している^{#8)}。

乳牛の能力に関する情報に供給については、乳牛能力検定制度がある。自家育成牛を中心として乳牛改良を行う際に、能力の把握の手段として重要なものである。特に母牛の選抜、低能力な乳牛の淘汰においてである。しかし、酪農家の選抜・淘汰の基準には相違があるので、利用の格差は、酪農家の生乳生産技術や乳牛の改良技術の個別性に集約される。そこで、酪農家が積極的に利用することによりはじめて、酪農家の生産性向上へと結び付くといえる。酪農家の研究開発行動の一端を示すものである。

ここに、制度と技術進歩との関係がみられる。制度は技術進歩により変貌し、一方で、制度が技術進歩を押し進めるのである。人工授精が普及した現在においては、後代検定事業と乳牛検定制度が酪農家の技術進歩を進めている状況にあるといえる。

戦後になって酪農は専門化したため、改良技術の普及制度は、現行制度に至るまでの変遷を踏まえた上で、今後、安定的に発展していくであろう。専門化した酪農家の改良技術に関する情報の需要は決して衰えることはない。一方、普及される技術は低コストながらも高度な水準なものであるため、技術を普及させるための制度の役割は重要である。従って、制度と技術進歩の結び付きは今後とも強固なものになってくるといえよう。

[脚注]

- 1) 本章では、北海道立総合研究所 (1963), 北海道家畜改良事業団 (1978), 家畜登録団体中央協議会 (1980), 北海道立農業試験場 (1982), 家畜改良研究会 (1986) をベースにしている。
- 2) アジア救済連盟 (Licensed Agency for Relief in Asia) の略称。戦後のアジア, 特に日本と朝鮮の貧困者の救済を目的として, 1946年にアメリカ合衆国の宗教, 労働関係 13 団体により組織された。アメリカ一般国民の寄付により, 食糧, 衣類, 薬品などを救済物資として供与した。(平凡社『世界大百科事典』)
- 3) 家畜改良事業団「昭和 61 年凍結精液価格表」および北海道家畜改良事業団「昭和 61 年精液価格表」による。
- 4) 乳牛の導入についての実話については蝦名 (1971) 宇都宮 (1977) 等がある。
- 5) 北海道乳牛検定協会資料参照のこと。
- 6) 本論第 3 章に詳細に分析されている。
- 7) 乳牛検定制度や検定情報の利用実態については, 黒柳, 浅利, 村田, 駒木, 小林 (1990) および天間, 伊藤, 駒木 (1991) を参照のこと。
- 8) 誘発的技術進歩については, Hicks (1963), Binswanger and others (1978), Hayami, Ruttan (1985) 参照のこと。

第 3 章 酪農家における乳牛改良と乳量水準

第 1 節 乳牛改良と乳量水準

北海道酪農においては、現在に至るまで、頭数規模の拡大や乳量水準の上

昇がみられ、その結果、酪農家間の頭数規模や乳量水準の格差も生じ、生乳生産技術の相違となって現れている。この相違を生産費の側面からみてみよう。表3-1は、乳量階層間、規模階層間でみた、生乳生産費の各費目を示したものである。自給飼料の単位当り費用と配合飼料の価格との比率（価格比）は、高乳量階層ほど顕著に低下しているが、大規模階層では、それほど低下していない。同じく投入量の比率でみると、高乳量階層、大規模階層ともに、配合飼料に集約的となっている。価格比率でみると、自給飼料の方が安いにもかかわらず、配合飼料に集約的となっているのは、乳牛の能力の相違を反映した生乳生産技術の特徴として理解される。

同じく表3-1をみると、高乳量階層では乳牛の評価額が高くなっている。生産費調査における乳牛の評価額は能力評価であるので、より高能力な乳牛

表3-1 乳量階層別、頭数規模階層別生産費（昭和54年、北海道）

	頭数 ¹⁾	3.5% 乳量 (kg)	kg当 ²⁾ 生産費 (円)	1頭当 種付費 (円)	搾乳牛 評価額 (円)	自/購 ³⁾ 費用比	配合飼料 ⁴⁾ 投入量 (kg)	[自給飼料/配合飼料] ⁵⁾ 数量比 価格比 費用比 (%) (%) (%)		
乳量規模階層別										
3,000-	5.9	3,614	116.2	7,283	344,646	2.18	779	276	104	289
4,000-	16.3	4,692	87.7	7,932	354,325	1.89	921	154	127	196
5,000-	22.3	5,550	81.6	8,556	366,389	1.61	1,112	142	121	172
6,000-	21.4	6,412	76.1	9,509	375,922	1.38	1,186	141	114	161
7,000-	24.4	7,337	71.5	12,297	411,946	1.31	1,410	137	111	153
8,000-	20.7	8,371	75.9	14,376	414,966	1.23	1,259	100	100	100
頭数規模階層別										
1-	4.0	5,085	101.8	9,071	370,942	2.42	776	214	98	210
5-	7.9	5,385	93.2	8,226	364,812	1.90	1,093	159	96	153
10-	12.5	5,520	85.9	8,510	380,303	1.67	961	147	103	151
15-	17.8	6,080	75.5	9,753	368,290	1.51	1,038	136	93	126
20-	25.1	6,288	76.0	9,990	372,453	1.42	1,279	117	84	98
30-	37.3	5,904	78.0	9,123	380,021	1.46	1,152	100	100	100

注1) 1戸当り通年換算搾乳牛頭数

2) 第2次生産費

3) 自給飼料費=牧草・放牧・採草費+流通飼料費の自給分
購入飼料費=流通飼料費の購入分

4) 成畜用配合飼料

5) 自給飼料とはアントコーンエンシレージといね科主混播乾草。配合飼料とは成畜用配合飼料。自給飼料数量はアントコーンエンシ数量15%、いね科主混播乾草50%のTDN比として加重平均した。価格は価額/数量。また、30頭以上、8000kg以上=100。

6) 資料：農水省「北海道の牛乳生産費（組替え集計による累年統計）昭和52年～56年」

を生乳生産に用いていることがわかる。すると、高能力な乳牛とは、配合飼料のような濃厚飼料に集約的に依存する乳牛であり、酪農家の乳量水準を決定する重要な要因となるといえる。

ところで、「乳牛検定成績」から、昭和60年と平成元年との乳量階層別の農家戸数の変化をみると、昭和60年には、検定農家数約8,300戸のうち、6000kg未満14.6%、6000kg台37.9%、7000kg台34.5%、8000kg以上13.1%であったが、平成元年には、検定農家数約8,000戸のうち、6000kg未満7.1%、6000kg台25.1%、7000kg台39.2%、8000kg以上28.7%となっている。7000kg台を境にして、下層の減少、上層の増加がみられ、酪農家間で一様に乳量の上昇が進んでいることを示している。

また、同じく「乳牛検定成績」から、主な支庁別の乳量の推移をみると、十勝、石狩、根室をとりあげても、昭和60年から平成2年まで、十勝→石狩→根室の順位を変えずに毎年上昇している。地域的条件の差異がありながらも、乳量の上昇率は変わっていない。

酪農家間あるいは広く地域間において、乳量の上昇率は変わらないが、乳量水準について格差があることの根底には、乳量水準を保つための何らかの技術の役割があるといえる。例えば、表3-1では、1頭当りの種付費が、高乳量階層であるほど多くなっているが、規模階層間では顕著な相違はみられない。種付費の内容は、精液代および授精に要した費用であるので、乳牛改良のための費用である。それでも、高乳量階層では、乳牛の改良のために、多くの費用がかかっているのである。すなわち、高能力な乳牛には、能力に相当する改良投資が行われ、その結果、1頭当り乳量の高さを維持しているといえる。

そこで、本章では、乳量水準を視点として、酪農家における乳牛の改良技術の特徴を明らかにし、その経済的意義を考察する。酪農家における乳牛の改良技術については、種雄牛の選定、経産牛の選抜・淘汰を取り上げ、その実態を明らかにし、乳量水準との関係を見ていくことにする。

最初に予備的考察として、乳牛改良技術の目的を、牛群全体としての能力上の問題点の解決という点に据え、問題点の具体的内容と乳量水準との関係を明らかにする。次に、現実選ばれている種雄牛の能力・価格および酪農家の選定基準から、両者を比較考察する。さらに、経産牛の淘汰基準を明らかにし、そして、多くの娘牛を後継牛としている母牛の存在というものに注目していく。

分析は、アンケート調査を中心としている。対象地域は、十勝の酪農地帯である大樹町である。

第 2 節 分析対象地域の位置づけ

本節では、第 3 章と第 4 章で扱われる大樹町酪農について、その概略を述べ、本論における位置づけを明らかにしておく。

大樹町は十勝の南部沿海地域に位置している。十勝は北海道の主要な酪農地帯の中でも畑作と酪農に分化しながら農業の展開がみられた地域である。他の主要な酪農地帯である根釧・天北は、飼料作物以外の選択が難しい、いわば限界地といえる。この相違は飼料給与面に表れており、表 3-2 に示す通り、濃厚飼料の給与量が十勝、大樹町の方がはるかに多くなっている。

このことは当然ながら乳量の高さを裏付けることになる。しかしながら、濃厚飼料の多投に耐えながら高乳量を実現する乳牛は、十勝ひいては大樹町酪農における乳牛改良の成果である。濃厚飼料多投と高能力牛は、購入飼料を中心にしてなされていくという酪農の趨向の一端を示すものであり、十勝、大樹町はその先端を進むのである。

一方、登録の区分別について、乳牛検定牛で把握してみると、無登録牛は十勝 1.9%、根室 15.6%、宗谷 12.4%である。この比率の地域的差異は、検定率の差異により偏りが生じる程ではないと思われる。登録制度の意義は第 2 章で述べた通り、体型の改良、血統の保持にあった。十勝の無登録牛の少

表 3 - 2 主な酪農地帯の概況 (平成元年、北海道)

町村支庁	成牛頭数 規模 (頭)	乳検戸数 普及率 (%)	乳検頭数 普及率 (%)	乳量 (kg)	乳脂率 (%)	濃厚飼料 給与量 (kg)
大樹	36.0	59.3	65.9	7,858	3.76	3,091
十勝	31.7	53.0	63.4	7,765	3.73	2,819
別海	47.2	42.2	43.8	7,077	3.76	1,865
根室	45.0	47.8	48.8	7,249	3.75	2,120
豊富	36.6	45.6	47.3	7,459	3.69	2,479
宗谷	36.5	52.4	53.2	7,295	3.71	2,399
全道	32.2	50.2	56.2	7,503	3.73	2,506

注 1) 規模は、めす 2 歳以上乳牛頭数/乳用牛飼養農家数であり、いずれも農林水産省北海道統計情報事務所「北海道農林水産統計年報」による。

2) 戸数普及率とは、検定農家数/乳用牛飼養農家数。頭数普及率とは、検定実頭数/めす 2 歳以上乳牛頭数。検定実頭数および検定農家数は、北海道乳牛検定協会「平成元年乳検成績概要」、めす 2 歳以上乳牛頭数および乳用牛飼養農家数は農林水産省北海道統計情報事務所「北海道農林水産統計年報」による。

3) 乳量、乳脂率、濃厚飼料給与量は北海道乳牛検定協会「平成元年乳検成績概要」による 1 頭当りの成績。

なさは、乳牛改良の成果を示すものであり、多頭化が急速な勢いで進んできた根釧においての頭数集めの結果とは対照をなすものといえる。

さらに、大樹町では昭和 48 年頃に 20 頭ほどの基礎雌牛をアメリカやカナダから輸入した経過がある。また、早くから北海道ホルスタイン農業協同組合の乳牛能力検定が行われ、乳牛の能力の把握を怠らなかったという事実もある。これらの、旧来からの乳牛改良のための組織的な取り組みは、地域的な先進性を露呈するものである。

また、十勝、大樹町の乳牛能力検定の普及率は表 3 - 2 に示すように全道平均よりも高いものであり、乳牛改良に欠かせない能力の把握が、基本的な基盤としてなされている。このことは改良への意識の高さを示すのみならず、本論の分析を進める上で、乳牛の個体データが入手しやすいという方法論上の有利さも得ることになる。

このように十勝の大樹町は乳牛改良については先進的な地域といえる。分析対象の先進性は結論の性質も規定するが、それは企業者利潤の存在根拠と

深く結びつくものである。

なお、大樹町の酪農家 220 戸を対象にし、アンケート調査を行っている。分析結果は天間、伊藤、駒木 (1991) にまとめられているが、第 3 章、第 4 章の分析は、この調査を基にしているところが大きい。まず第 3 章においては、回答酪農家である 160 戸が分析対象となっている^(註1)。

第 3 節 牛群の能力上の問題点と乳量水準

本節では、予備的考察として、乳牛改良技術の目的を牛群全体の能力上の問題点を克服するためのものとしながら、それら問題点の具体的内容および乳量水準との関係を明らかにしていく。

表 3-3 は、牛群の能力上の問題点について、重要なものから順番に 3 つ選んだものを集計した結果である。第 1 位となった問題点は、「乳量が低い」が最も多く 32.7% を占め、次には「乳脂肪率が低い」となっている。この両者で約 6 割を占めている。第 2 位の問題点は、「乳脂肪率が低い」と「無脂固形分率が低い」がそれぞれ約 25% を占め、両者で約 5 割を占めている。第 3 位の問題点は、「とまりが悪い」が約 3 割を占めている。

第 1 位から第 3 位までの牛群の問題点を一番重要な順から並べてみると、乳量→乳脂肪率・無脂固形分率→繁殖、となる。直接的に収益を増加あるいは低下させるものが一番重要な問題点として取り上げられ、間接的に収益に関わってくるものは、問題の重要性としては低い位置にある。

同じく表 3-3 には、牛群の能力上の問題点毎について酪農家の乳量水準を示してある。第 1 位と第 2 位の問題点で乳量が低いという場合は、乳量水準は 7847 kg であり、他のどの場合よりも低くなっている。しかし、乳脂肪率や無脂固形分等の高乳価を実現させる基準については、乳量水準が高い。第 3 位の問題点についてみると、とまりや乳器の形状のような間接的に収益に関わる場合において、乳量水準が高い。

表 3 - 3 牛群の問題点と平均乳量 (大樹町)

(単位：戸、%、頭、kg)

牛群の問題点	乳量 が低 い	乳 脂 肪 率 低 い	無 脂 率 固 形 低 分 い	体 型 が 悪 い	乳 器 の が 形 悪 状 い	と ま り が 悪 い	そ の 他
第 1 位の問題点 (構成比 %)	51 32.7	45 28.8	19 12.2	6 3.8	11 7.1	17 10.9	7 4.5
平均乳量(kg)	7,847	8,781	8,409	8,051	8,413	8,351	
第 2 位の問題点 (構成比 %)	11 7.4	38 25.5	36 24.2	18 12.1	13 8.7	20 13.4	13 8.6
平均乳量(kg)	8,069	8,336	8,281	8,129	8,407	8,604	
第 3 位の問題点 (構成比 %)	10 7.5	8 6.0	16 12.0	16 12.0	15 11.3	39 29.3	29 21.9
平均乳量(kg)	8,006	7,427	8,385	8,305	8,495	8,546	

注 1) 回答戸数は、第 1 位、第 2 位、第 3 位の順にそれぞれ 156 戸、149 戸、133 戸である。

2) 頭数規模とは経産牛頭数であり、平均乳量とは総乳量を搾乳牛頭数で除したものの、両者とも大樹町農協資料による。

3) その他には、搾乳速度が遅い、気質が粗暴である、餌の食い込みが悪い等が含まれる。

すなわち、乳量水準が低い場合、当然ながら乳量が低いことを問題としているが、乳量水準が高い場合は、乳価の向上や牛群の体型・繁殖の方を重視しており、しかも乳価の向上の方を重要な問題点としている。

以上、乳牛改良の目的を、牛群の能力上の問題点の解決という点からみると、酪農家は、直接的な収益の向上を実現させることにウエイトをおいて、乳牛改良を行っているといえる。特に乳量水準が高い場合に繁殖等が重要となっているのは、高乳量を維持するために繁殖機能を低下させないようにすることに重点が置かれているからであると解釈される。

第 4 節 種雄牛の選定

1. 選定された種雄牛と酪農家の選定基準

本節では、はじめに酪農家において選ばれている種雄牛の特質について述

べる。第3-4は、多く選ばれている種雄牛の能力と価格について掲げたものである。まず、乳検データを用い、大樹町において昭和61年に生まれた娘牛の種雄牛の中から、同じ種雄牛をもつ娘牛について、頭数の多いものから順に、上位20位まで選んだ。次に能力と価格とが明らかな18頭の種雄牛のうち上位9頭と下位9頭について、娘牛頭数でウェイトして、それぞれの能力と価格を加重平均した。

表3-4 主な種雄牛の能力と精液価格 (大樹町、昭和61年生まれ)

順位	娘牛頭数 (頭)	HPDM (kg)	HPDF % (%)	HPD円 (円)	HDPT (点)	価格 (円)	産地
1	216	630	-0.12	48,145	0.21	2,000	北海道
2	196	612	0.03	57,873	0.57	8,000	国外
3	144	504	0.14	56,405	0.92	3,000	北海道
4	122	706	-0.15	52,891	0.37	3,000	国外
5	120	524	-0.08	41,345	0.8	10,000	国外
6	118	232	0.15	32,044	0.8	5,000	国外
7	115	274	0.14	34,807	0.39	2,000	国外
8	100	961	-0.08	81,009	0.3	2,000	国外
9	92	181	-0.05	12,726	0.78	5,000	国外
10	91	500	-0.06	41,065	0.45	2,000	北海道
11	91	858	-0.09	71,026	0.34	2,000	国外
12	85					3,000	国外
13	68	326	0.11	37,511	0.18	1,000	北海道
14	59	477	0.11	51,491	0.35	2,000	国外
15	58	458	-0.06	36,896	0.55	2,000	国外
16	56					1,000	国外
17	55	854	-0.08	71,638	-0.01	500	北海道
18	49					3,000	国外
19	45					500	北海道
20	38	627	-0.15	45,782	0.24	2,000	国外
上位9頭平均		559	-0.0018	50,543	0.53	4,437	
下位9頭平均		522	-0.0324	44,891	0.39	2,227	

注1) 乳検データより、娘牛の多い順に種雄牛を並べた。

2) 能力は北海道乳牛検定協会「北海道種雄牛評価概要昭和61年9月」による。

3) 価格は家畜改良事業団「昭和61年度凍結精液価格表」および北海道家畜改良事業団「昭和61年度精液価格表」による。

種雄牛の能力については、北海道乳牛検定協会「北海道種雄牛評価概要第2報昭和61年9月」から、HPD (Hokkaido Predicted Difference=北海道期待差) のM (乳量), F% (乳脂率), 乳代円, T (体型得点) について示した。これらは、種雄牛によって、母牛の能力よりも、娘牛の能力がどの程度改良されるのかということを示す指標である。精液価格については、昭和61年価格である^{#2)}。

表3-4からは、HPDM, HPDF%, HPD円, HPDTにおいて、上位9頭の方が高い値を示しており、能力の高い種雄牛ほどより多く選ばれていることがわかる。また精液価格についても、上位9頭の方が高い。種雄牛として、多く選ばれるほど、能力・価格ともに高いものであることが示された。

産地については、上位、下位ともに際だった特徴はみられない。第1位の種雄牛は、能力・価格ともに上位の中では特に高いものではないが、大樹町内の有名ブリーダーの種雄牛である。すなわち、種雄牛の選定には、地域的な条件も考慮されることを示している。

このような高能力・高価格な種雄牛の選定状況からみると、酪農家は、牛群の能力の向上を目的として適切な選定をしているといえる。その場合、高価格の精液を選ぶということは、投資により得られる期待収益を大きくしているものと考えられる。

次に、実際の酪農家の種雄牛の選定基準について述べ、前述の選定の状況と比較検討してみる。

表3-5は、種雄牛の選定基準を載せたものである。第1位に重要な基準は、「乳量が高くなるもの」が大きな割合を占めており、約6割となっている。第2位に重要な基準は、「乳脂肪率が高くなるもの」が約4割であり、次は「無脂固形分率が高くなるもの」が多い。第3位には、「乳器の形状が良くなるもの」が2割強を占め、次に、「体型が良くなるもの」「無脂固形分率が高くなるもの」とがほぼ2割で並ぶ。

第1位から第3位までの基準を一番重要な順から並べると、乳量→乳脂肪

表 3 - 5 種雄牛の選定基準と平均乳量 (大樹町)

(単位: 戸、%、kg)

種雄牛の 選定基準	乳 量 が 高 く な る	乳 脂 高 く な る	無 脂 固 形 分 率	体 型 が 良 く な る	乳 器 の 良 く な る	そ の 他
第 1 位の基準 (構成比 %)	94 59.5	39 24.7	11 7.0	3 1.9	6 3.8	5 3.1
平均乳量(kg)	7,990	8,856	8,702	9,800	8,784	
第 2 位の基準 (構成比 %)	11 7.0	61 38.9	37 23.6	20 12.7	15 9.6	13 8.3
平均乳量(kg)	8,601	8,029	8,320	8,746	8,663	
第 3 位の基準 (構成比 %)	10 6.6	18 11.9	29 19.2	30 19.9	34 22.5	30 19.8
平均乳量(kg)	9,232	8,532	8,190	8,296	8,254	

注 1) 回答戸数は、第 1 位、第 2 位、第 3 位の順にそれぞれ 158 戸、157 戸、151 戸である。

2) 平均乳量とは総乳量を搾乳牛頭数で除したものである。両者とも大樹町農協資料による。

3) その他には、とまりが良くなる、搾乳速度が軽くなる、気質が温和なもの、餌の食い込みが良くなる等が含まれる。

4) アンケートでは「選択」という言葉を用いているが、用語の定義上、表は「選定」を用いた。

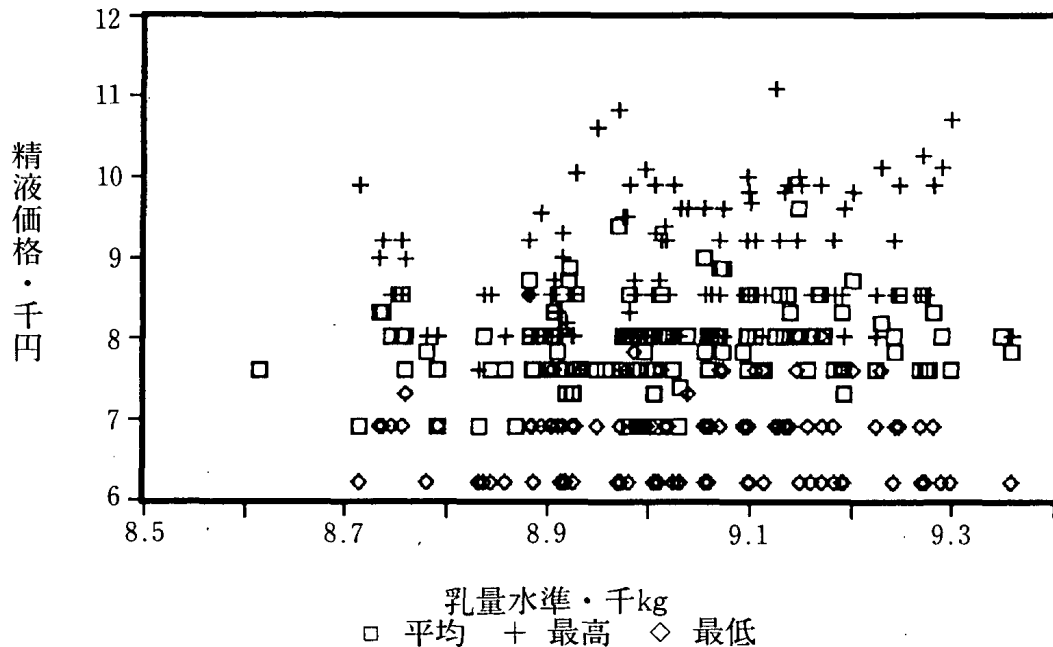
率・無脂固形分率→乳器・体型と整理できよう。生乳販売による収益に関連するものが重要な基準に位置づけられている。乳器・体型は、一つは生乳収入には直接には関わらず、むしろ個体販売等に関わる基準と考えられるが、他に、長期的な乳牛改良を期待した将来収益に関わる基準ではないかとも考えられる。いずれにせよ、この基準の重要度は低くなっている。

表 3 - 4 でみたように実際に選ばれている種雄牛は、乳量、乳脂率、体型のすべてについて高能力を発揮するものであり、そこから選定についての優先順位を読み取ることはできない。しかし、酪農家の選定基準については、収益の向上を目指した優先順位がある。優先順位の低いものも選ばれていることから、選定基準には優先順位はあるものの、実際には牛群内の乳牛の能力格差を補完するように種雄牛が選ばれていることが考えられる。

2. 種雄牛の選定と乳量水準

次に、乳量水準との関係についてみると、種雄牛の選定基準で第1位に重要なもののうち、「乳量が高くなるもの」の場合と「乳脂肪率が高くなるもの」の場合を比較するならば、「乳脂肪率が高くなるもの」の場合の方が酪農家の乳量水準は高くなっている。このことは、乳量が高い場合はそれを解決するために、乳量の高くなる種雄牛を選ぶか、それが解決された場合、あるいは乳量には問題のない場合は、次のステップとして乳脂肪率を高める方向へ進むことを示している。第3位に重要なものでは、「乳量が高くなるもの」については、戸数は少ないが、比較的高い乳量水準にある。「体型」、「乳器」については、乳量水準が低い。従って、乳量の低い酪農家は、まず優先的に乳量の高くなる種雄牛を選び、体型や乳器はあとにまわされる。一方、乳量水準の高い酪農家は、逆に、乳脂肪分や体型、乳器の改良を優先的に求めているのである。

図3-1 乳量水準と精液価格(大樹町)



注1) 平均、最高、最低とは精液価格の水準である。

注2) 精液価格はアンケート調査、乳量水準は大樹町協資料による。

また、図3-1は、乳量水準と精液の価格のプロットである。精液価格は、平均、最高、最低の3段階について示している。平均と最高の精液価格について、乳量水準が高い程、精液価格が高くなることを見て取れよう。また、乳量が高くなる程高い精液が選ばれる傾向は、平均の価格よりも最高の精液価格の場合について顕著にみられる。より多くの期待収益を目指して、改良投資が行われていることを示す。

このように牛群の能力上の問題点を乳量水準から検討した第1節において指摘した通り、乳量水準により改良技術が特徴づけられ、そこには収益性の向上ということが根底に存在している。より多くの収益を求めて種雄牛の選定を行っている姿が伺える。

3. 能力以外による種雄牛の選定基準

表3-6は、表3-5のような能力ではなく、それ以外の視点からの種雄牛の選定基準を掲げたものである。第1位に重要な基準は、「人気のある種雄牛」であり、6割以上を占めている。第2位に重要な基準は、「個体販売が有利になるもの」であり、これも約6割を占めている。第3位には、多少のば

表3-6 種雄牛の選定基準（大樹町）

(単位：戸、%、頭、kg)

種雄牛の 選定基準	人 気 の 種 雄 牛	個 有 体 利 販 に 売 な がる	ス ト 口 が 安 代 い	ス ト 口 が 高 代 い	国 産 種 雄 牛	輸 入 種 雄 牛	そ の 他
第1位の基準 (構成比 %)	102 66.7	30 19.6	7 4.6	2 1.3	4 2.6	2 1.3	6 3.9
第2位の基準 (構成比 %)	18 12.3	89 61.0	15 10.3	7 4.8	7 4.8	8 5.5	2 1.4
第3位の基準 (構成比 %)	11 8.8	10 8.0	42 33.6	2 1.6	34 27.2	24 19.2	2 1.6

注1) 回答戸数は、第1位、第2位、第3位の順にそれぞれ153戸、146戸、125戸である。

2) アンケートでは「選択」という言葉を用いているが、用語の定義上、表は「選定」を用いた。

らつきがみられ、「ストロー代(授精料金を含まない)が安いもの」、「国産種雄牛」、「輸入種雄牛」の順に少なくなり、それぞれ2～3割を占めている。

「人気のある種雄牛」と「個体販売が有利になるもの」とは、それぞれ最も重要な基準として第1位と第2位に表れている。表3-4における能力からみた種雄牛の選定基準は、生乳収入に直接関連するものが重要な位置にあった。従って、「人気のある種雄牛」とは、個体販売に関連するものというよりも、むしろ生乳収入に関連するものであると理解できよう。

精液代については、当然に安い方がよいようである。また、国産種雄牛と輸入種雄牛とを比較すると、回答数の多い第3位での回答からみて、若干の差ではあるが、国産種雄牛の方を多く選ぶようである。

しかし、実際選ばれているのは、高価格・高能力の精液であった。表3-6から安い精液は、優先順位が低いことを考えると、優先順位の高い「人気のある種雄牛」というものの中に、高い価格のものが含まれていると考えられる。すなわち酪農家は、種雄牛の選定において、人気のあるものという漠然とした情報のみによって選んでいるが、実際には収益の向上に貢献するかどうかという判断を、周辺の情報の中からすでに行っているのかもしれない。

4. 種雄牛の選定方法

種雄牛の選定基準について検討してきたが、結局、酪農家は個々の生乳生産技術に適した種雄牛を選ぶ方が効率的となろう。そのためには、種雄牛に関するより多くの情報が必要となる。ここでは、酪農家の種雄牛を選ぶ場における方法について検討する。

種雄牛の供給については、通常、共済組合や改良組合が、多くの種雄牛の中から、地域の事情に即したものを厳選することにより行われている。実際には、酪農家自身が種雄牛を選ぶ場においては、獣医師が関わってくる場合も見受けられる。種雄牛の選定方法については、複数回答であるが、「自分自身で」63戸、「授精師や獣医師と相談」93戸、「授精師や獣医師まかせ」41戸、

「家畜改良事業団の相談プログラム」15 戸、「改良同志会と相談」4 戸、「その他」2 戸となっていた。

種雄牛の選定において、牛群の能力を把握し、精液の能力や価格と照らし合わせ、交配に用いる種雄牛を決定するという過程において、自分自身が担当する部分の大きさを自己の技術に適応させている程度の大きさとして考えることができる。さらに、自己の技術に適合したものを選ぶ方が効率性は高いので、自分自身で選ぶ方がより効率的であると考えられる。

そこで、種雄牛の選定方法の集計結果を再集計した。すなわち、第 1 に、「自分自身で」選定している場合を「自分自身が関与」、第 2 に、「自分自身で」選定せず、さらに「授精師（獣医師）にまかせる」こともしていない場合を「自分自身がある程度関与」、第 3 に、「自分自身で」選定せず、「授精師（獣医師）にまかせる」場合を、「自分自身が関与せず」とした。第 1 の場合は、自分で情報を入手し選んでいること、第 2 の場合は、授精師や獣医師等の他人からも情報を得ていること、第 3 の場合は、選定においては何もしないことを意味している。

再集計の結果と乳量水準とを述べると、「自分自身が関与」の場合は、63 戸 8423 kg、「自分自身がある程度関与」の場合は、59 戸 8479 kg、「自分自身が関与せず」の場合は、39 戸 7945 kg であった。

「自分自身が関与」あるいは「自分自身がある程度関与」している場合の方が、「全く関与してない場合」よりも乳量水準は高くなっている。かつ、戸数も多い。このように、種雄牛を自分自身で選んでおり、情報の入手が積極的であるほど、生産性を向上させることができるといえる^{#3)}。

第 5 節 乳牛の淘汰

1. 乳牛の淘汰基準と乳量水準

本節では、はじめに乳牛（経産牛）の淘汰基準を明らかにし、次に乳量水

表 3 - 7 経産牛の淘汰基準と平均乳量 (大樹町)

(単位：戸、%、kg)

経産牛の 淘汰基準	乳 量	産 次 数	搾 乳 時 の し ぶ さ	又 は と ま り	体 細 胞	疾 病	そ の 他
第1位の基準 (構成比 %)	46 29.3	8 5.1	25 15.9	43 27.4	23 14.6	20 12.7	
平均乳量(kg)	8,109	8,490	8,658	8,232	8,576		
第2位の基準 (構成比 %)	14 9.0	6 3.8	43 27.6	46 29.5	23 14.7	30 19.2	
平均乳量(kg)	8,142	7,726	8,285	8,600	8,478		
第3位の基準 (構成比 %)	24 15.9	13 8.6	18 11.9	33 21.9	33 21.9	43 28.4	
平均乳量(kg)	8,903	7,700	8,212	8,268	8,349		

注1) 回答戸数は、第1位、第2位、第3位の順にそれぞれ157戸、156戸、151戸の順である。

2) 平均乳量とは総乳量を搾乳牛頭数で除したもの。両者とも大樹町農協資料による。

3) その他には、乳脂肪率、無脂固形分率、性質・気質・体型一般、乳器の形状、分娩の難易等が含まれる。

準との関係を見ていく。表3-7は、乳牛の淘汰基準について、重要なものから順番に3つ選んだものを集計した結果である。

第1位では、「乳量」、「体細胞」が2割以上を占め、その他、1割以上を占めているものは「とまりまたは搾乳時のしぶさ」、「疾病」である。第2位では、「体細胞」、「とまりまたは搾乳時のしぶさ」がそれぞれ2割以上を占めている。その他「疾病」等がある。第3位では、「体細胞」、「疾病」が2割程度であり、その他「体細胞」、「乳量」、「とまりまたは搾乳時のしぶさ」等がある。

第1位から第3位までの基準において、重要となる基準は特定の順位に集中しておらず、また、その占める割合も大差はない。すなわち、乳牛の淘汰基準は乳量、乳質(体細胞)、繁殖性、耐病性等について、どの基準についてもそのウエイトはほぼ等しくなっている。このように乳牛の淘汰基準は、牛

群の能力上の問題点、種雄牛の選定の場合とは異り、基準の重要度と収益性との関連はみられないのが特徴的である。

しかしながら、次に、乳量水準との関係を見てみよう。

淘汰基準で第1に重要なものにおいて、「乳量」である場合は、乳量水準が低く、「しぶさ、とまり」や「疾病」である場合は乳量水準が高い。一方、第3位に重要な基準においてはこの関係が逆転している。また、淘汰基準のなかで「体細胞」は基準の重要度が異なっているが、酪農家の乳量水準に大差はない。従って、乳量が低い場合に、優先的に乳量で淘汰するが、繁殖や病気を淘汰基準とする場合は、乳量水準がある程度高くなければ重要な淘汰基準にはなっていないのである。

ここでも、酪農家の乳量水準により、淘汰基準についての優先順位が異なっており、また牛群の能力上の問題点や種雄牛の選定に関して得られた結果と同様に、収益性が優先されていることが示された。

種雄牛の場合、乳量水準を考慮しなくても、選定基準の序列性がみられたが、経産牛の淘汰の場合は、乳量水準に応じて序列性がはじめてみられる。すなわち、乳量水準が乳牛改良技術を規定する程度は、種雄牛の選定の場合よりも、経産牛の淘汰の場合の方が強いと考えられる。経産牛の能力については酪農家の乳量水準は、飼料投入を介した飼養管理技術との結び付きが強固である。そのために、飼養管理技術の異なる個々の酪農家が、他酪農家ともすべて同じ淘汰基準で淘汰することはできないからである。

このことは、経産牛からの改良を進めた方が、得られた利潤は自己の大きな所得として得られることを意味している。得られた所得は、他酪農家への所得移転の困難な、酪農家自身に帰属した所得であり、シュンペーターのいう企業者利潤として解釈されよう。しかしながら、一般的に乳牛の能力の遺伝的改良度のうち父方からの寄与は76%ないしは71%といわれている^{#4)}。技術的には、種雄牛によって牛群を改良した方が改良度は向上するが、精液はすべての酪農家に供給されるので、酪農家一様に生産性を向上しうる。一

方で、母牛からの改良の方は、改良度は低いものの、自己の所得向上としての意味づけがなされる。そこに技術と経済のギャップが存在しているといえよう。

2. 改良基礎牛の意味

次に、より多くの所得を自己に帰属させるには、飼養管理技術に適応した自己の牛群を代表するような乳牛の確保が必要となるであろう。ここでは、自己の牛群から選ばれた改良基礎牛というものについて考察する。ここでは、後継牛を得る確率の高い母牛を改良基礎牛とし、アンケート調査では、「娘牛を後継牛にしている特定の母牛」として、その存在についてアンケートを行った。アンケートの集計結果からは、この改良基礎牛が存在する酪農家は、106戸であり、乳量水準は8451 kg、他方、存在しない場合は、51戸であり、乳量水準は7977 kgである。改良基礎牛が存在する酪農家数は多く、しかも乳量水準は高い^{※5)}。

改良基礎牛の特質については「乳量水準が高い」が32.4%、「乳脂肪率が高い」が19.8%、「体型がよい」が14.7%であり、この3者で6割強を占めている。この設問は複数回答であり、重要な順序はつけていないが、この改良基礎牛の特質は、種雄牛の選定基準と一致している。乳牛改良において、乳量や乳脂肪分、体型等の改良は遺伝改良を通じて行うという認識が酪農家は強いといえ、しかも順序を規定する要因は得られる収益の大きさであることに注目したい。

第6節 乳牛の改良行動

牛群の能力上の問題点の序列性は、量的増収→質的増収→能力の維持という重要度合により規定されていた。種雄牛の選定基準の場合は、量的増収→質的増収→個体販売 or 将来収益という優先順位により規定されたが、乳牛の

淘汰基準については、どの基準についてもそのウエイトはあまり変わらず、重要度合についての序列性は規定できなかった。しかしながら、乳量水準による淘汰基準の優先順位をみると、収益の向上を目的とする基準の序列性が摘出された。

次に、実際に選ばれている種雄牛とは、乳量と乳価からの収益増をもたらす効果のあるものであり、しかも精液が高価格である。この基準は、酪農家のもっている人気のあるものという漠然とした基準の内容を表現している。特に精液価格については、乳量水準に応じて高くなっており、期待収益の高さとして解釈される。

人気のあるという基準に頼らずに、種雄牛の選定において情報を入手し、自己の生乳生産技術に応じた種雄牛を選ぶことは、収益の向上には欠かせないことである。そこで、酪農家の選定の場において、自分自身に関わる程度をみると、全くの他人まかせで選んでいる場合は少なく、しかも、その場合乳量水準は低くなっていた。

乳牛の淘汰基準については、乳量水準によって、淘汰基準の重要度合が収益の向上という点によって規定されている。また、改良による母方からの所得向上の源泉を、改良基礎牛の存在にみなした。すると、その改良基礎牛が存在している酪農家の数は約3分の2であり、乳量水準は高い。また、改良基礎牛の特質としては、乳量や乳脂肪率、体型について、他の乳牛に比べて優位性があることがわかった。これは、種雄牛の選定基準と一致している。遺伝的改良により向上させる能力についての酪農家の認識は、父方、母方ともに共通しているのである。

乳牛改良は更新による低コストな方法である。1頭当りの種付費用は乳牛価格の3%にも満たない。しかしながら以上の分析結果から多くの乳牛の改良技術についての特徴を得た。特に、次の3点が指摘される。

第1に、種雄牛の選定、乳牛の淘汰、母牛の確保のための優先的な基準は、量的および質的に収益の向上をもたらすことである。また、情報の把握およ

び高価格な精液への投資，自己の牛群からの改良基礎牛の確保も同様の効果をもたらすものであった。

第2に，能力向上の認識が体型にもあることを考えると，乳牛のもつ生産要素としての側面のみならず，生産物としての側面についても，乳牛改良が行われるということが指摘される。体型の改良は，長期的な乳牛改良による将来収益を期待したのものである。しかし，現在の乳価の下で，個体販売による収入が酪農家の総収入に少なからずウエイトを占めている現状においては，酪農家は生産物としての乳牛という意識も強いものと考えられる。

第3に，母方からの改良による所得は，自己の所得であり，経済的になす意味は大きいと考えられるが，遺伝的改良度の寄与は父方からの方が高いために，技術と経済のギャップというものがみられることである。すなわち，父方からの改良は，遺伝的貢献度は大きいですが，すべての酪農家の生産性を均等に向上させうるので，より高い生産性を目指すには，各自が自己の生乳生産技術に適合した積極的な改良が必要である。一方，母方からの改良は，得られる所得の経済的意味は，個々の飼養管理技術を土台としたリターンとして解釈されるが，遺伝的改良度は小さいので，選抜・淘汰によって高能力な母牛を確保し，多くの高能力な娘牛を得ることが必要であるといえる。

[脚注]

- 1) 160戸の経営概要を述べると，一戸当たり平均経営土地面積(借入地含む)は，農用地総面積45.8ha，うち飼料畑が21.1ha，採草放牧地が24.7haである。一戸当たり平均で乳用牛飼養総頭数が78.6頭，うち経産牛40.7頭となっている。乳検組合への加入状況については，回答戸数160戸のうち，83.8%が現在加入している。大樹町乳牛改良検定組合の資料によると，大樹町の検定組合への加入率は78.9%であり，アンケート調査回答者に占める乳検加入率の方が若干高い値を示している。
- 2) 乳検データから選んだ娘牛は，すでに経産牛になっているものなので，本来ならば，種雄牛の能力・価格ともに，選ばれた時点である2年程度前のものを用いなければならないが，資料の制約上やむを得ず昭和61年当時のものを用いた。
- 3) 本論では，乳量水準を視点としてきたが，規模や情報の利用からも興味深い集計結

表 3-8 精液の選定方法、価格と頭数規模（経産牛）、
北海道種雄牛評価概要の利用程度

(単位：戸数、頭、kg)

精液選定方法	戸数	平均規模	よく利用する	ときどき利用する	あまり利用しない	全然利用しない
自分自身が関与*	63	45.7	19	23	8	1
自分自身が ある程度関与**	59	40.5	9	21	14	4
自分自身 関与せず***	39	33.8	1	9	13	5

精液価格	戸数	平均規模	よく利用する	ときどき利用する	あまり利用しない	全然利用しない
-1,999	13	40.3	0	4	6	2
2,000-2,999	47	40.3	7	19	8	3
3,000-4,999	43	45.5	15	10	8	3
5,000-	20	43.2	4	11	3	0

注 1) 頭数は経産牛頭数であり、大樹町農協資料による。

2) 自分自身が関与*とは、精液を自分自身で選定している場合について回答されたもの。

3) 自分自身関与せず***とは、精液選定をすべて授精師（獣医師）にまかせている場合について回答されたもの。

4) 自分自身ある程度関与**とは、2)、3) 以外の場合。

5) アンケートでは「選択」という言葉を用いているが、用語の定義上、表は「選定」を用いた。

果が得られたので、表 3-8 に掲載する。

表の上段は精液価格と頭数規模、情報の利用との関係を示している。頭数規模は経産牛頭数を用いた。まず、規模についてみると、3000 円以上の精液を選んでいる場合は、比較的規模が大きい酪農家が多い。なお、「平均的」に選んでいる精液価格は平均値でみると 3094 円であった。すなわち、平均値よりも高い精液を選んでいる酪農家は、規模の大きな酪農家であることを示す。北海道種雄牛評価概要についての利用の程度から、精液価格をみると、「情報をよく利用する」酪農家が、価格の高い精液を選んでいることがいえる。以上、頭数規模が大きく、情報を高度に利用している程、精液価格の高いものを選んでいる。

種雄牛選定の方法と、頭数規模との関係は下段に示した。頭数規模が大規模であるほど、種雄牛の選定において「自分自身がより多く関与」している。また、北海道種雄牛評価概要を情報とし、情報の利用程度が大きいほど種雄牛選定において「自分自

身が関与する程度」が大きい。情報の利用が種雄牛選定において重要な役割を働くことを示している。

本文では、高価格でありまた積極的な精液の選定が生産性向上に結び付くことを示した。すると表3-8からは、情報の利用と生産性の向上とが結び付くことが示唆される。

4) 北海道乳牛検定協会資料 pp. 81 による。

5) 昭和48年頃に輸入された基礎雌牛の子孫を母牛にしている可能性も考えられる。

第4章 乳牛の生産供用年数に関する分析

第1節 乳牛の生産供用年数の推移とその背景

近年、牛乳の計画生産が施されている中、酪農家の対応策の1つとして、能力の低い、いわゆる駄牛の淘汰が薦められている。一方で、生乳中の体細胞数に課されるペナルティ制度が実施されており、老齢牛のような比較的体細胞数の多くなりやすい乳牛は早々に淘汰しなければならなくなっている。

このような状況の中で、乳牛の更新速度が早まっていると言われている。実際、表4-1に示す通り、北海道の代表的な酪農地帯に属する大樹町においては、淘汰された時点での産次数の平均は、5.08産から4.24産にまで、短くなっている^{#1)}。その他、分娩間隔の若干の短縮化、初産分娩時月齢の低齢化が進み、牛群の年齢が低下していることも示されている。

年齢の低下は、繁殖能力の向上によるところが大きいですが、乳牛が生乳生産に供用する期間である生産供用年数は、泌乳能力を含めた経産牛の能力、後継牛の能力（母牛の能力と交配された種雄牛の能力）や乳価、子牛価格、廃牛価格等の価格条件、あるいは、事故による経産牛の死廃の状況等により決まる。

表4-1をみると、種付回数は低下し、繁殖能力は向上してきているが、

表 4 - 1 乳牛の飼養状況 (昭和55年~63年、北海道、十勝支庁、大樹町)

年	平均最 終産次 ¹⁾ (産)	淘汰 頭数 ²⁾ (頭)	種付 回数 ³⁾ (回)	育成牛 ⁴⁾ 死廃割合 (%)	成牛 ⁵⁾ 死廃割合 (%)	初産 月齢 ⁶⁾ (歳ヵ月)	分娩 間隔 ⁶⁾ (日)	1 頭当 乳量 ⁷⁾ (kg)
55			1.72	0.202	3.31	2.5	401	6,387
56			1.72	0.238	3.66	2.4	402	6,339
57			1.63	0.223	3.28	2.5	405	6,377
58	5.08	1,004	1.61	0.225	3.69	2.5	402	6,791
59	4.92	1,102		0.246	3.57	2.4	397	6,900
60	4.66	1,287	1.65	0.270	3.71	2.4	396	7,076
61	4.52	1,808	1.61	0.260	3.68	2.4	394	7,278
62	4.39	1,139	1.59	0.254	3.54	2.3	393	7,378
63	4.24	1,213		0.255	3.67	2.3	394	7,561

注 1) 十勝支庁の大樹町において、各年で、乾乳を終えた後再度分娩の記録のないものを、淘汰されたものとみなし、その時点での産次数に対して、カプラン・マイヤー法を適用して平均値を推定した。

但し、打ち切りがないので、単純平均を行っても、結果は同じである。

2) 十勝支庁の大樹町で、1) の定義に従って淘汰とみなされた乳牛の頭数である。

3) 北海道家畜人工授精師協会「北海道乳用牛人工授精実施成績」による、十勝支庁での、1年間に人工授精を行った延頭数/実頭数。

4) 北海道農業共済組合連合会「家畜共済事業統計表」による、全道の引受総頭数に対する、育成牛(契約時で6ヵ月~13ヵ月)の死廃頭数の割合。

5) 北海道農業共済組合連合会「家畜共済事業統計表」による、全道の引受総頭数に対する、成牛(契約時で14ヵ月以上)の死廃頭数の割合。

6) 北海道乳牛検定協会「個体の305日間成績」による十勝支庁の成績。

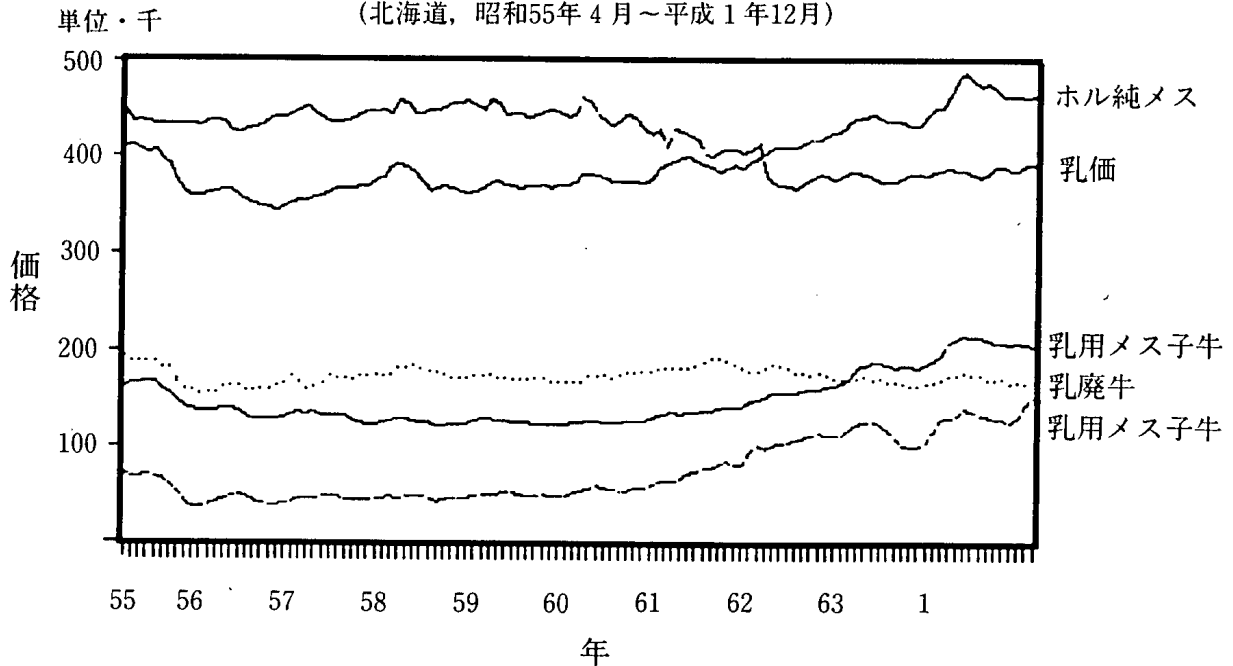
7) 北海道乳牛検定協会「個体の305日間成績」による、全道の305日能力換算済成績。

疾病、事故による死廃については増加している。しかしながらこの間、頭数規模は大規模化し、死廃頭数のカバーや高能力牛を選択できるというメリットが、生産供用年数の短縮化を進める条件を整えていると考えられる。

次に、図 4 - 1 からは乳価の下落、雌雄子牛価格の上昇、廃牛価格の不変な推移がみられる。低乳価は限度数量枠内での乳量規模の増大を導き、雌雄子牛価格の上昇は売り惜しみを導くので、両者の価格の動向は乳牛の保持を強めようとするとも考えられるが^{註2)}、事實は相反しており、価格の動向だけで、短縮化を説明するのは困難である。

また表 4 - 1 に戻ってみると、昭和 61 年、計画生産の限度数量超過分に対してペナルティが課されるようになったために、その年の淘汰頭数は特に多いが、その時点で、産次数は急激に低下していない。これは、必ずしも老齡

図4-1 乳牛価格・乳価の推移
(北海道, 昭和55年4月~平成1年12月)



資料) 農林水産省北海道統計事務所「北海道農林水産統計年報」

注1) 乳価は総合乳価であり、グラフ作成の都合上、500kg当りに換算した。

2) ホル純メスとは、ホルスタイン種純粋メス1頭当り価格。

3) 乳用メス子牛とは、ホルスタイン種純粋メス6ヶ月程度1頭当価格。

4) 乳廃牛は、体重500kgとして換算。

5) 乳用オス子牛とは、オス生後7日程度1頭当り価格。

牛のみを淘汰しているとは限らないことを示している。

そこで、淘汰の基準について述べると、アンケート調査結果によれば、淘汰の基準は乳量、疾病、体細胞等の能力による場合が多い^{#3)}。さらに、経産牛の淘汰基準と酪農家の平均乳量との関係を見ると、乳量を基準とした淘汰は、平均乳量が低い牛群をもつ酪農家が優先的に行い、平均乳量が高い場合は次善の策となっていた^{#4)}。

このことは、乳量向上を目的として、淘汰が行われていることを示している。乳量は生産性の高さを表す一つの目安である。なお、搾乳日数、年齢で補正された乳量は増加しており、1頭当りの産乳能力が向上していることは、生産性の向上をめざした淘汰の傍証であるといえる(表4-1)。しかしながら、生産供用年数自体の決定理由は、どのような酪農家が、どのような乳牛を、

何を根拠にして淘汰したのかという点にあり、それらの点を明らかにしなければ、淘汰と生産性の向上との関係は言及できない。特に、規模、生乳生産技術や酪農家段階では、把握しにくい産乳能力に関する情報の利用等と生産供用年数との関係についてである。そこで第 4 章では、乳牛の生産供用年数の説明要因を、産乳能力をはじめとする個々の乳牛のもつ様々な能力、酪農家の技術、情報の利用等から明らかにし、淘汰を生産性向上の一手段として評価する。

分析方法は、ある年度に淘汰された乳牛の生産供用年数に対して、酪農家の規模、技術や乳牛の能力を説明変数とする回帰分析を適用することである。ところで、生産供用年数のような、広い意味での寿命に関する有用な分析方法として、生存時間解析法という、医学や疫学、人口学での人や患者の死亡の要因を統計学的に説明する方法がある。ここでは、この方法を用いて、乳牛の生産供用年数に対して、乳牛の様々な能力や酪農家の飼養管理の状況を説明変数とする回帰モデルを適用し、生産供用年数の説明要因を分析する。

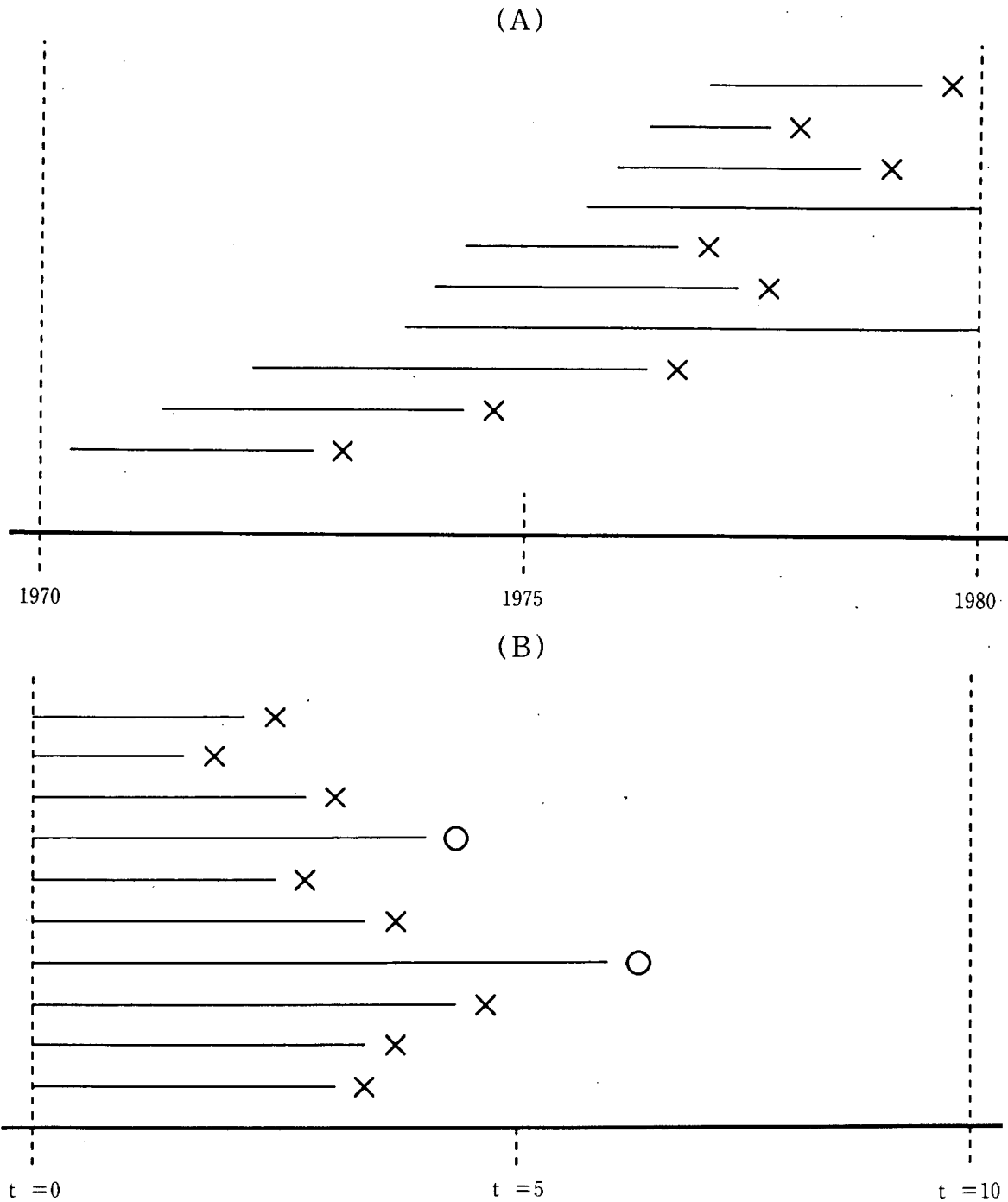
第 2 節 生存時間解析法の生産供用年数への適用

1. 生存時間の概念

生存時間とは、人を例とすると、誕生してから死亡するまでの、実際に人が生存している時間の長さである。生存時間の概念は、さらに多くの分野で拡張して考えることができる。医学の臨床試験においては、患者の手術や治療の後、死亡するまでの死亡時間が生存時間とされる。人間だけではなく、機械が稼働後、故障するまでの故障時間、企業の設立から倒産までの時間、ストライキや失業の期間等、様々な分野で考えられる。

図 4-2 に生存時間の概念を例示した。1970 年に開発された機械が企業に普及され、導入された機械毎の 1980 年までの稼働状況を、10 個のサンプルについて示している。(A)は 1970 年から 1980 年までの実時間でサンプルの

図4-2 生存時間の概念



注) 1970年頃に開発されたある機械が企業で導入され、その1980年までの故障の状況を10個のサンプルについて例示した。

(A)実時間でのサンプルの状況を表す。10個の内、8個は×時点で故障したが、2個は1980年時点では故障していない。

(B)導入時を0にそろえたサンプルの状況を表す。横軸tで測られた時間が故障時間(生存時間)である。×は故障したサンプルである。○のサンプルは1980年時間では故障していないため、「打ち切り」と呼ばれる。

稼働状況を表している。10 個の内、8 個は×時点で故障したが、2 個は 1980 年時点ではまだ故障していない。(B) は、導入時を $t=0$ にそろえて描き直されたサンプルの稼働状況を表す。個々のサンプルについて、横軸 t で測られた時間が故障時間 (生存時間) である。×は故障した時点であるので、 $t=0$ から×の時点までの長さを読み取ればよい。しかし、○は 1980 年時点で故障していないが、1980 年に観測が終了してしまったため、その後の観測が不可能になってしまったサンプルである。このようなサンプルは「打ち切り」のサンプルと呼ばれる。

生存時間解析法は、第 1 に、この機械の故障の状況を記述し、第 2 に大企業・小企業間のような、それぞれの機械についての群間比較を行い、第 3 には、生存時間の説明要因を機械の特性から明らかにするような場合に適用される。

2. 生存時間の確率分布

T をある分布に属する個々の生存時間を表す非負のランダムな変数とする。 T の確率分布は、確率密度関数、生存関数 (Survivor Function)、ハザード関数 (Hazard Function) の 3 つの関数によって特徴づけられる。特に後者の 2 つは、生存時間分布に特有のものである。ここでは、 T が連続的な変数である場合について説明する。また、時間を含めた変数はすべて非負である。

$f(t)$ を T の確率密度関数とすると、分布関数は、

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(x) dx$$

サンプルが時間 t まで生存する確率は、生存関数として、

$$S(t) = P(T \geq t) = \int_t^{\infty} f(x) dx$$

のように与えられる。

$S(t)$ は単調減少連続関数である。また、 $S(0)=1$, $\lim_{t \rightarrow \infty} S(t)=0$ 。

ハザード関数は、

$$\begin{aligned} h(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow \infty} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t} \\ &= \frac{f(t)}{S(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{-d \log S(t)}{dt} \end{aligned}$$

生存関数の傾きに -1 を乗じたものがハザード関数になる。すなわち、ハザード関数は時間 t まで生存していたという条件 ($S(t)$ を満たすということ) の下で、 $T=t$ において故障または死亡する条件付き確率として定義される。40 歳まで生きていたとして、40 歳での瞬間的な死亡率である 40 歳死亡率や 50 歳死亡率というものである^{#5)}。

3. ノンパラメトリックな生存関数の推定 (カプラン・マイヤー法)

ここでは、表 4-1 の平均最終産次の算出に用いた方法を説明する。

生存時間データを分析する場合、サンプルの確率密度関数や生存関数を用いれば、特定のグループの生存の状況を叙述することに非常に有用である。ここでは、代表的なカプラン・マイヤー法 (Kaplan-Meier (1958), Product-Limit method, 積極限法とも呼ばれる) について説明する。他の方法 (生命表法, Chaing の方法, Littell の方法) に比すると、サンプル数が多い場合、算出結果はどの方法を用いても変わらないが、サンプルが少ない場合や打ち切りの多い場合にカプラン・マイヤー法は有用な方法であるといわれている (富永 (1982))。

t_i 時において d_i 個の故障が観測され、 $t_1 < t_2 < \dots < t_n$ とする。次に、区間 (t_i, t_{i+1}) 内で c_{ij} で、 λ_i 個が打ち切りとなったとする (ランダムな場合を仮定)。ここで、 $i=0, \dots, n$, $t_0=0$, $t_{n+1}=\infty$, $j=1, \dots, \lambda_i$ である。

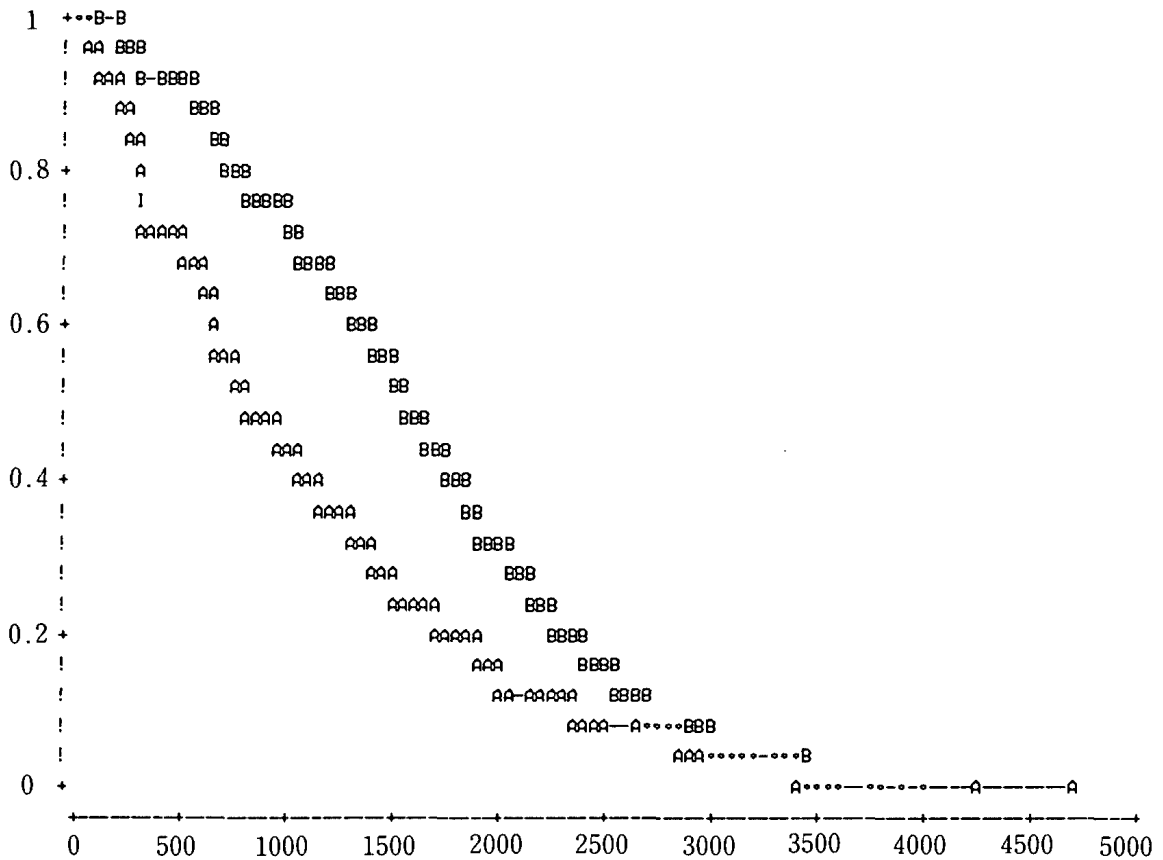
推定される生存関数は、

$$\hat{S}(t) = \prod_{i:t_i < t} \frac{n_i - d_i}{n_i} = \prod_{i:t_i < t} (1 - d_i/n_i)$$

となる。

このカプラン・マイヤー推定量は、 t_1 では $(1 - d_1/n_1)$ となり、 t_1 で生きている確率として解釈される。 t_2 では $(1 - d_1/n_1) \cdot (1 - d_2/n_2)$ となり、 t_1 で生きている確率と t_2 で生きている確率とが同時に起きているもの(積の法則)とされる。カプラン・マイヤー推定量はそれらを、故障時間毎に掛け合わせたものである。なお、打ち切りがなければ、単に故障したサンプルを1つずつ引いていったものと同じになる。従って、表4-1の結果は、打ち切りが全くないので、個々の乳牛の産次数についての単純平均による結果と同一である。

図4-3 1日当平均乳量階層別の生存関数のプロット



注) Aは25kg未満の群、Bは25kg以上の群である。

なお図4-3に、後節における分析対象の乳牛を1日当平均乳量について2群に分けた生存関数をプロットした。横軸は日数で測った生存時間である。乳量の高い方が生存関数は上方に位置していることから、どの時点でも生存率は高いこと、また300日、600日あたりの生存関数の傾きの大きさから、乳量の低いものは1、2産で淘汰されやすいことを示している。このように、乳牛の生産供用年数に対して、生存時間の確率分布図を描くことにより、淘汰の状況を明確に理解することが可能となる。

4. 回帰分析モデル

ここでは、生存時間に対する回帰分析について説明する。生存時間 $T > 0$ と説明変数のベクトル $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_m)$ が観測されたとする。問題は、パラメータ $\boldsymbol{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_m)$ を介した T と \mathbf{x} との関係をモデル化し、パラメータを推定することにある。生存時間解析においては、①変数 \mathbf{x} が $\mathbf{0}$ の場合の基準の分布と、②パラメータ $\boldsymbol{\beta}$ をもった $\psi(\mathbf{x})$ のようなある関数型にしたがって、変数 \mathbf{x} が $\mathbf{0}$ でない場合におきる生存時間分布の変化、の2点を考慮してモデル化が行われている。

$\psi(\mathbf{x})$ と生存時間分布の関係によって、2つのモデルに大別される。一つに、 $\psi(\mathbf{x})$ が生存時間そのものに対して乗法的に作用すると仮定されているものがあり、加速故障時間モデル (Accelerated Failure Time Model) とよばれる。また、 $\psi(\mathbf{x})$ が基準のハザード関数に対して乗法的に作用すると仮定されているものがあり、比例ハザードモデル (Proportional Hazards Model) とよばれる。両者のモデルにおいては、通常、 $\psi(\mathbf{x})$ は、 $\exp(\mathbf{x}\boldsymbol{\beta})$ の関数型で与えられている。

(1)加速故障モデル

変数 \mathbf{x} が $\mathbf{0}$ の場合の基準の生存関数を S_0 とし、それに従う生存時間を t_0 とすると、 \mathbf{x} が $\mathbf{0}$ でない場合のサンプルの生存時間 t が、

$$t = t_0/\psi(x) \quad \text{あるいは} \quad t_0 = \psi(x)t$$

となるのが、加速故障モデルの基本的な考え方である。すなわち、 $\psi(x)$ は、 t に対して乗法的に作用している。

ここで、 $\psi(x) = \exp(-x\beta)$ とし、両辺を対数変換すると、

$$\log t = x\beta + \log t_0$$

これは、 j 変数について生存時間 t を基準時間 t_0 よりも長くする ($\beta_j > 0$) か、短くする ($\beta_j < 0$) のかを説明するモデルとなる。

さらに、 t がウェイブル分布に従うと、 $Y = \log t$ は、極値分布に従う。すなわち、生存関数、確率密度関数はそれぞれ、

$$S(t) = \exp\left(-\exp\left(\frac{Y - x\beta}{\sigma}\right)\right)$$

$$f(t) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(\left(\frac{Y - x\beta}{\sigma}\right) - \exp\left(\frac{Y - x\beta}{\sigma}\right)\right)$$

となる。但し、 β と σ はパラメータである。

パラメータ推定においては、この $S(t)$ 、 $f(t)$ を用いる。パラメータの推定方法は、打ち切りを考慮した尤度関数を設定し、それを最大化することによって得られる。故障したサンプルは確率密度関数、打ち切りのサンプルは生存関数に従うものとする。 v_i を故障 ($v_i = 1$) と打ち切り ($v_i = 0$) とを識別する指標とすると、尤度関数は、

$$L(\beta, \sigma) = \prod_{i=1, n} f(t_i)^{v_i} S(t_i)^{1-v_i}$$

となり、以上を、ニュートン・ラプソン法で解く。

帰無仮説 ($H_0: \beta = \beta_0$) の仮説検定は、ラオの有効スコア χ^2 検定、ワルドの最尤推定量に基づく χ^2 検定、 χ^2 尤度比検定の3つがある。

(2) コックスモデル

コックスモデルとは、基準の分布に、なんら仮定をおかず、 $\psi(x)$ が基準の

ハザードに乘法的に作用するということをモデル化したものである。これはCox (1972)により導かれたもので、医学や疫学の分野では標準的手法になっている。

任意で特定化しない基礎のハザード関数を $h_0(t)$ とする。コックスモデルは、通常 $\phi(\mathbf{x}) = \exp(\mathbf{x}\boldsymbol{\beta})$ として、次のように定式化される。

$$h(t; \mathbf{x}) = h_0(t) \exp(\mathbf{x}\boldsymbol{\beta})$$

パラメータの解釈を述べると、 $\beta_j > 0$ ならば、ハザードを大きくするので、生存に対して危険な要因として働き、 $\beta_j < 0$ ならば、その逆である。符号条件は、加速故障モデルの場合とは逆であるので、注意されたい。

次に尤度関数の定式化について述べる。

n 個のサンプルの中で、タイ（同時の故障）がない場合を仮定して、 d 個が故障し、 $t_1 < t_2 < \dots < t_d$ とする。 $\lambda = n - d$ 個が打ち切りである。ここで、 t_i 時の直前まで生存した (t_i 後故障しても打ち切られても無関係) サンプルの集合をリスク集合 $R_i = R(t_i)$ として定義する⁶⁾。

Coxは、 i 番目のサンプルが故障する確率を、 i 番目のリスク集合を用いて、

$$\frac{\exp(\mathbf{x}_i\boldsymbol{\beta})}{\sum_{k \in R_i} \exp(\mathbf{x}_k\boldsymbol{\beta})}$$

と定義した。

これは、 i 番目のサンプルの故障は、当該サンプルとそれ以外のサンプルが生存しているという条件のもとで起きているという確率を、ハザード関数 $h(t)$ とリスク集合 $R(t)$ を用いて、

$$\frac{h(t|\mathbf{x}_i)}{\sum_{k \in R_i} h(t|\mathbf{x}_k)}$$

表し、そこにコックスモデル $h(t; \mathbf{x}) = h_0(t) \exp(\mathbf{x}\boldsymbol{\beta})$ を代入し、 $h_0(t)$ が消去されることによって導かれる。

例えば、3 個のサンプル a, b, c の故障時間を $t_a = 3$, $t_b = 6$, $t_c = 9$ と

する。ここで、 $a \rightarrow b \rightarrow c$ の順に、故障するパターンを確率を用いて表現しよう。 $\exp(x_i\beta) = \psi(i)$ と簡略化すると、

aが故障する確率は、 $\psi(a)/(\psi(a) + \psi(b) + \psi(c))$,

bが故障する確率は、 $\psi(b)/(\psi(b) + \psi(c))$,

cが故障する確率は、 $\psi(c)/\psi(c)$,

となり、分子は、当該時点で故障したサンプルで表され、分母はその時点でのリスク集合を用いて表される。それぞれは、リスク集合を用いて表されたパターンを条件とした、条件付き確率として表される。なお、 t と x の関係は、順序として関係づけられている。そして尤度関数は、これらの故障の状況の積事象として定義される。

従って、 β の推定のための尤度関数は、

$$L(\beta) = \prod_{i=1,d} (\exp(x_i\beta) / \sum_{k \in R_i} (x_k\beta))$$

となり、これを、ニュートン・ラプソン法で解く。

帰無仮説 ($H_0: \beta = \beta_0$) の仮説検定は、加速故障モデルの場合と同様に、ラオの有効スコア χ^2 検定、ワルドの最尤推定量に基づく χ^2 検定、 χ^2 尤度比検定の3つがある。

なお、ウェイブル分布を仮定した加速故障モデルとコックスモデルとは同等のモデルである。加速故障モデルのパラメータを β_A 、尺度パラメータを σ 、コックスモデルのパラメータを β_c とすると、 $\beta_c = -\beta_A/\sigma$ の関係がある。

以上のように、時間の分布に対して特別な仮定をおいて分析方法が展開されている点、尤度理論にもとづいて構築されているので、医学のみならずどのような分野にも適用できる点は、生存時間解析法を乳牛の生産供用年数の分析に適用することを妨げていない。

さらに、乳牛の能力、酪農家の技術等を説明変数とした場合、生産供用年数への効果が β_j の有意水準と符号とで判断される。 β_j の絶対値については、効果の大きさを示しているが、説明変数の単位に依存するので、消極的な解

積とならざるをえない。従って、乳牛の生産供用年数の説明要因は、その年数を延ばす（ハザードを低める）かあるいは縮める（ハザードを高める）かという意味から解釈される。

第3節 乳牛の生産供用年数の説明要因

1. 分析対象酪農家と生産供用年数の定義

(1)分析対象酪農家の選択

データは北海道乳牛検定協会による乳牛毎の乳牛検定成績によった。対象地域は、第3章でその位置づけが述べられた大樹町である。大樹町の農協資料によると、平成元年度で乳牛飼養農家戸数は230戸、乳牛飼養農家1戸当の頭数は68頭（うち経産牛約35頭）であり、乳牛検共協会に加入している酪農家は約79%である。また、加入酪農家の経産牛は殆ど検定を行い（平成元年度で99.8%）、それらの1頭毎の成績が得られる。

また、大樹町の酪農家全戸を対象に、乳検情報の利用や乳牛の改良の実態についてのアンケート調査が行われており^{#7)}、モデルの計測の際にそれらの回答を変数として加えることにした。従って分析対象は、大樹町の乳検に加入している酪農家の中のアンケートへの回答農家（130戸）である。

(2)乳牛の生産供用年数の定義

乳牛は、初回分娩後、幾度かの乳期を経て、最終的に搾乳の中止が行われる。ここでは、ある年度で淘汰された乳牛について、初回分娩から淘汰されるまでの期間を生産供用年数とした。

はじめに淘汰の定義について述べると、ある年度で乾乳が行われた後、9ヵ月以上分娩していない経産牛を、その年度で淘汰された経産牛とみなした^{#8)}。そして、この経産牛の最後の乾乳を搾乳の中止とみなし、その時点をもって生存の終了時点とした。なお、乾乳時点が不明なものについては、分

娩時点+搾乳期間をもって乾乳時点とした。

表 4-1 での最終産次とはこの終了時点での産次数である。しかし、産次数は 1 から 10 程度が多いのでタイ (同時の記録) が多く出現するため、回帰分析においては問題がある。さらに、もし乳検に加入した時点で、すでに 2 産目以降の経産牛である場合、その経産牛の以前の成績が不明であることである。特に、高産次の乳牛について多くみられる。従って、打ち切りを考慮してモデル化されたとしても、説明変数には、サンプルの情報がすべて含まれないことになる。

従って、回帰分析では、初回の成績が初回分娩時のものである乳牛のみをとりだした。そして、その時点を生産の開始時点とし、開始時点から終了時点までの日数をもって、生産供用年数とした。また、昭和 63 年に淘汰された乳牛の分析対象とした。分析対象牛は 823 頭である。

2. 回帰分析の適用による説明要因の推定

(1) 説明変数

説明変数は、乳牛の能力・飼養管理に関するものと酪農家の概況に関するものから取り上げた。説明変数が生存時間に対してどのような効果をもつのか、すなわち、期待される符号条件については、最適性の基準がモデル自体に組み込まれていないために、事前的に特定化されない。従って計測後、パラメータの当てはまりの程度、符号等から、生産供用年数との関係が吟味される。

泌乳能力に関するものについては、1 日当平均乳量、平均乳脂肪率を、繁殖能力に関するものは初回分娩日令を取り上げた。また、搾乳方法に関するものとして搾乳日率を取り上げた。なお、乳牛の能力と酪農家の飼養管理とを明確に区別することはできないので、生産供用年数に対しては、両者の複合的な効果として解釈される。

ここで、淘汰された乳牛の過去の成績は、時点によらない同等のものとのと

して評価されなければならない。そのため、生産費調査による北海道平均の乳量、乳脂率について、昭和63年を基準として指数化し、計測に用いた乳量、乳脂率のデータをデフレートすることにより個々の乳牛について平均値を算出した^{#9)}。

酪農家の概況については、第1節で大規模であることが淘汰を進めること
の条件であると述べた通り、まず、経産牛頭数を取り上げた。次に、生産性
の程度やペナルティ制度の影響を加味するために、酪農家1頭当りの平均乳
量と体細胞数を取り上げた。さらに、個体販売からの収入は、淘汰頭数が多
くなれば増加することを考え、アンケートの項目から、個体販売の総収入に
占めるウェイトの大きさを取り上げた。

アンケートの項目としては、淘汰の基準のなかで、第1に重要な理由で回
答数の多いものを取り上げた。また、乳検情報の利用の効果をみるため、乳
牛検定協会から送付されたいくつかの情報を説明変数とした。

以下に、取り込んだ変数に関する詳細な説明を掲げる。

1日当平均乳量 ¹	総乳期における1日あたりの平均乳量。
平均乳脂肪率 ¹	1乳期あたりの平均乳脂肪率。
搾乳日率 ¹	総搾乳日数を生産供用年数で除した搾乳日の比率。
初回分娩日令 ¹	生誕日から初回分娩までの日数。
規模 ²	酪農家の経産牛頭数規模。
乳量水準 ²	酪農家の1頭当りの平均乳量。
体細胞数ダミー ²	酪農家の1頭当りの平均の体細胞数 (15万個以上=1, 15万個未満=0)。
個体販売ダミー ³	個体販売の比重についてのダミー (個体販売の粗収入に占める割合30%以上=1, 30%未満=0)。
淘汰基準ダミー ³	淘汰基準ダミー (乳量、体細胞、疾病について、第1位の淘汰の基準にしてい る場合=1, していない場合=0)。

乳検情報³

検定農家全員に配布される乳検情報の利用の程度

(牛群検定成績表, 個体検定成績表, 検定終了通知表, 飼養管理台帳, 体細胞情報, 北海道種雄牛評価概要, 牛群改良情報, 年間検定成績報告書, 乳検成績年報について, 「よく利用する」場合 = 1, 「ときどき利用する」「あまり利用しない」「全然利用しない」場合 = 0)。

[出所] 1: 乳検データ 2: 大樹町農協資料 3: アンケート

(2)適用したモデルと計測結果

生産供用年数を非説明変数として, 計測が容易であり, しかもよく用いられる以下の3つのモデルを計測した。

- a) 指数分布を仮定した加速故障モデル
- b) ウェイブル分布を仮定した加速故障モデル
- c) コックスモデル

表4-2~表4-4は, 3つのモデルの計測結果である。

各モデルのパラメータの値および標準誤差, χ^2 値を載せてある。なお個々のパラメータの検定は, 0との有意差を $(\text{推定値}/\text{標準誤差})^2$ によって求められるワルドの χ^2 値によって行われている。

指数分布モデルでは, 10%の有意水準の設定の下で, 1日当平均乳量, 平均乳脂率が生存時間を延ばすように, また, 搾乳日率, 規模が生存時間を縮めるように計測されている。切片を除いた20個の変数のうち, 10%で有意なのは4個であり, 全般的にあてはまりは良くないといえる。

次に, ウェイブルモデルでは, 10%の有意水準の設定の下で, 1日当平均乳量, 平均乳脂率, 体細胞情報や年間検定成績報告書の利用が生存時間を延ばすように計測され, また, 搾乳日率, 規模, 乳量水準, 体細胞数ダミー(11%), 検定終了通知表の利用が生存時間を縮めるように計測されていた。

表4-2 指数分布を仮定した加速故障モデルの計測結果

	推定値	標準誤差	χ^2 値
切片	9.526450	0.828825	132.110
1日当平均乳量	0.062724	0.009429	44.257
平均乳脂肪率	0.024996	0.010056	6.178
搾乳日率	-0.052580	0.004829	118.556
初回分娩日令	-0.000073	0.000410	0.032
規模	-0.006088	0.002867	4.509
乳量水準	-0.000058	0.000048	1.445
体細胞数ダミー	-0.047552	0.081143	0.343
個体販売ダミー	0.071013	0.104896	0.458
基準(乳量)	0.092098	0.102873	0.801
基準(体細胞)	0.043366	0.113296	0.147
基準(疾病)	0.037083	0.079567	0.217
情報(牛群検定成績表)	0.029138	0.117343	0.062
情報(個体検定成績表)	-0.059785	0.124212	0.232
情報(検定終了通知表)	-0.065708	0.101357	0.420
情報(飼養管理台帳)	0.039327	0.093368	0.177
情報(体細胞情報)	0.142134	0.136616	1.082
情報(北海道種雄牛評価概要)	0.010973	0.102127	0.012
情報(牛群改良情報)	-0.037167	0.133975	0.077
情報(年間検定成績報告書)	0.174211	0.136474	1.629
情報(乳検成績年報)	-0.145747	0.152740	0.911

注) χ^2 値は、パラメータが0と有意差をもつか否かの検定であり、ワルドの χ^2 検定によった。これは、(推定値/標準誤差)²で求められる。

なお、10%の有意水準の χ^2 値は自由度1で、2.706である。

コックスモデルでは、10%の有意水準の設定の下で、1日当平均乳量、平均乳脂肪率、体細胞情報や年間検定成績報告書の利用がハザードを低めるように計測され、また、搾乳日率、規模、乳量水準、体細胞数ダミー(11%)、検定終了通知表の利用がハザードを高めるように計測された。

表 4 - 3 ウェイブル分布を仮定した加速故障モデルの計測結果

	推定値	標準誤差	x^2 値
切片	10.178200	0.435714	545.681
1 日当平均乳量	0.053144	0.004915	116.893
平均乳脂肪率	0.024891	0.005117	23.664
搾乳日率	-0.056316	0.002818	399.320
初回分娩日令	0.000031	0.000210	0.022
規模	-0.006499	0.001401	21.525
乳量水準	-0.000059	0.000024	5.943
体細胞数ダミー	-0.063989	0.039938	2.567
個体販売ダミー	0.023144	0.051397	0.203
基準 (乳量)	0.064694	0.051736	1.564
基準 (体細胞)	0.002285	0.055791	0.002
基準 (疾病)	0.040638	0.039682	1.049
情報 (牛群検定成績表)	0.035261	0.058653	0.361
情報 (個体検定成績表)	-0.037001	0.062127	0.355
情報 (検定終了通知表)	-0.094114	0.049939	3.552
情報 (飼養管理台帳)	0.018264	0.046260	0.156
情報 (体細胞情報)	0.129237	0.066418	3.786
情報 (北海道種雄牛評価概要)	0.035987	0.049446	0.530
情報 (牛群改良情報)	-0.021794	0.066048	0.109
情報 (年間検定成績報告書)	0.144014	0.067060	4.612
情報 (乳検成績年報)	-0.105043	0.073805	2.026
σ (形状パラメータ)	0.486665	0.013145	1370.794

注) x^2 値は、パラメータが 0 と有意差をもつか否かの検定であり、ワルドの x^2 検定によった。これは、(推定値/標準誤差)²で求められる。

なお、10%の有意水準の x^2 値は自由度 1 で、2.706である。

表 4-4 コックスモデルの計測結果

	推定値	標準誤差	χ^2 値
1日当平均乳量	-0.110213	0.010419	111.893
平均乳脂肪率	-0.055794	0.010778	26.800
搾乳日率	0.108905	0.006668	266.757
初回分娩日令	-0.000034	0.000428	0.006
規模	0.013704	0.002908	22.210
乳量水準	0.000130	0.000050	6.821
体細胞数ダミー	0.131598	0.082882	2.521
個体販売ダミー	-0.056690	0.105878	0.287
基準 (乳量)	-0.079155	0.106915	0.548
基準 (体細胞)	0.021756	0.115235	0.036
基準 (疾病)	-0.085836	0.082211	1.090
情報 (牛群検定成績表)	-0.087855	0.121391	0.524
情報 (個体検定成績表)	0.101508	0.129262	0.617
情報 (検定終了通知表)	0.179748	0.103491	3.017
情報 (飼養管理台帳)	-0.030522	0.095317	0.103
情報 (体細胞情報)	-0.276269	0.136741	4.082
情報 (北海道種雄牛評価概要)	-0.046398	0.101865	0.207
情報 (牛群改良情報)	0.022292	0.134951	0.027
情報 (年間検定成績報告書)	-0.280998	0.137877	4.154
情報 (乳検成績年報)	0.212823	0.151068	1.985

注) χ^2 値は、パラメータが0と有意差をもつか否かの検定であり、ワルドの χ^2 検定によった。これは、(推定値/標準誤差)²で求められる。

なお、10%の有意水準の χ^2 値は自由度1で、2.706である。

以上の結果を表 4 - 5 に要約した。ウェイブル分布を仮定した加速故障モデルとコックスモデルは同等のモデルであるので、計測結果は似通っている。ただ、制約の大きな指数分布モデルはあてはまりが悪かった。

表 4 - 5 生存時間解析法による計測結果の要約

	加速故障モデル		コックスモデル
	指数分布	ウェイブル分布	
1 日当平均乳量	遅める	遅める	遅める
平均乳脂率	遅める	遅める	遅める
搾乳日率	早める	早める	早める
規模	早める	早める	早める
乳量水準	*	早める	早める
体細胞数ダミー 情報 (検定終了通知表)	*	早める (11%)	早める (11%)
情報 (体細胞情報)	*	遅める	遅める
情報 (年間検定成績報告書)	*	遅める	遅める

早める：生存時間を縮めるかあるいはハザードを高めるかを意味する。

遅める：生存時間を延ばすかあるいはハザードを低めるかを意味する。

第 4 節 生産性の向上と乳牛の淘汰

乳牛の能力に関する説明変数の中では、1 日当平均乳量と平均乳脂肪率が高いほど、淘汰されにくくなっている。乳牛の生産供用年数が長いということは、高能力の乳牛として生産性の向上に寄与し、かつ後継牛の母牛になるということの意味する。1 日当平均乳量の向上は量的な生産性の向上、平均乳脂肪率の高さは高乳価を実現し、後継牛としてもそのような乳牛を求めているものと考えられる。また、搾乳日率が高いと、かえって淘汰されやすくなっており、現場での、搾るにだけ搾ってすぐに淘汰してしまうという状況が伺われる。

酪農家の概況については、規模が大きな程、乳量水準が高いほど、体細胞数が多いほど淘汰されやすくなっている。大規模のメリット、生産性の高さ

と淘汰の早さとの相関関係、体細胞数のペナルティ回避のために淘汰をすすめる行動の存在が実証された。情報の利用については、乳量、繁殖、泌乳曲線、体細胞数等が1枚の紙に記載されている検定終了通知表の利用が淘汰を早めている^{#10)}。しかし、体細胞情報の利用は逆に淘汰を延ばしている。このことは、体細胞数をもとにして淘汰する場合、正確な体細胞に関する情報を十分に利用しないと、やたらな淘汰によって、かえって生産性の向上を損なってしまう危険性があることを示している。

その他、アンケートの回答や個体販売については、計測結果からは、生産供用年数に与える効果を特定化することはできなかった。

以上の結果から言えることは、乳牛の淘汰は、基本的に牛群の能力向上を目指しており、量的な面と価格の面とから粗収益の増大を目指す方法の1つであると評価される。また、大規模であり、乳量水準が高い酪農家は、淘汰によって積極的な生産性の向上を目指しているといえる。そこには、規模と技術進歩の相関関係の存在も垣間みられる。しかし、淘汰のためには正確な能力の把握が必要であり、乳検情報は貴重な情報源である。特に、体細胞数に対するペナルティ制度は、確かに乳牛の淘汰を早めるが、能力の正確な把握のないままの淘汰を導く可能性があり、生産性の向上を阻害しかねないことが指摘される。

[脚注]

- 1) 第2節で説明する、カプラン・マイヤー法で算出した。
- 2) 中村(1983)はマルコフ過程を仮定したシステムダイナミクスを用い、乳価、配合飼料価格、肉牛価格、未經産牛価格の変動による最適更新の決定をシュミレートしている。配合価格の上昇、肉牛価格の上昇が乳牛の保持を強め、乳価の上昇と未經産牛価格の下落が更新を強めるという結果を得ている。
- 3) 天間、伊藤、駒木(1991)による。第1位に重要な経産牛の淘汰の基準は、乳量(29.3%)、体細胞(27.4%)、疾病(14.6%)、産次数(5.1%)である。第3章に詳しく分析されている。

- 4) 第 1 位に重要な淘汰基準で、「乳量」を基準とする酪農家の平均乳量は 8109 kg, 「体細胞」を基準とする場合は 8232 kg, 「疾病」を基準とする場合は 8596 kg である。第 3 位に重要な淘汰基準では、「乳量」を基準とする酪農家の平均乳量は 8903 kg, 「体細胞」を基準とする場合は 8268 kg, 「疾病」を基準とする場合は 8349 kg である。第 3 章に詳しい。
- 5) ある時間で故障のおきる条件付き確率であり, しかも時間の単位によらない。定義からいうと, 生存関数は必ず右下がりになっており, 生存の確率は時間が経過すれば低くなって行くが, ハザード関数の傾きは様々であり, 時間の経過と, 故障のおきやすさとは別のものとなっている。
- 6) リスクというのは, 故障のリスクに直面しているという意味である。例えば, 3 個のサンプルに故障時間の順にラベルを付け, a , b , c とし, 故障時間を $t_a = 3$, $t_b = 6$, $t_c = 9$ とする。 R_a をラベル a のサンプルのリスク集合を表すとすると, a が故障する直前では, 3 個のサンプルが生存しているので, $R_a = [a, b, c]$ となる。同様に, $R_b = [b, c]$, $R_c = [c]$ である。
ここでもし, ラベル b のサンプルが時間 7 で打ち切りであったものとする。すなわち, $t_a = 3$, $t_b = 7$, $t_c = 9$ であるとすれば, $R_a = [a, b, c]$, $R_b = [c]$ となり, 集合の内容が変わってしまう。このことは, コックスモデルでの打ち切りの考慮につながる。
- 7) 天間, 伊藤, 駒木 (1991) に集計結果がまとめられ, なお第 3 章に詳しく分析されている。
- 8) 但し, 淘汰された理由は不明であるため, 疾病, 事故等によって淘汰された経産牛も含まれる。また, 淘汰とみなす乾乳期間は 6 ヶ月以上で充分と思われるが, データの入手時点と年の区切りを考えて 9 ヶ月以上とした。
- 9) 計測に用いた乳牛の過去の成績と現在の成績とでは, 技術進歩の影響により, 同等のものとして評価することはできない。今回はデフレーターにより処理したが, タイムトレンド等を取り込む方法もある。生存時間解析法では, 時間と共に変化する変数を Time-Dependent Covariates として, 特別な扱いをしているので, この方法を適用することも考えられるが今後の課題として残される。
- 10) 現地でのヒアリングによると, この表は酪農家に好評である, とのことであった。

第5章 乳牛資本投入の費用関数分析

第1節 北海道酪農の技術進歩

北海道酪農は昭和40年頃まで畑作経営の副次部門として位置づけられていたが、その後様々な政策的、経済的要因により展開し、現在では専門的酪農経営が中心的な生産力の担い手となっている。

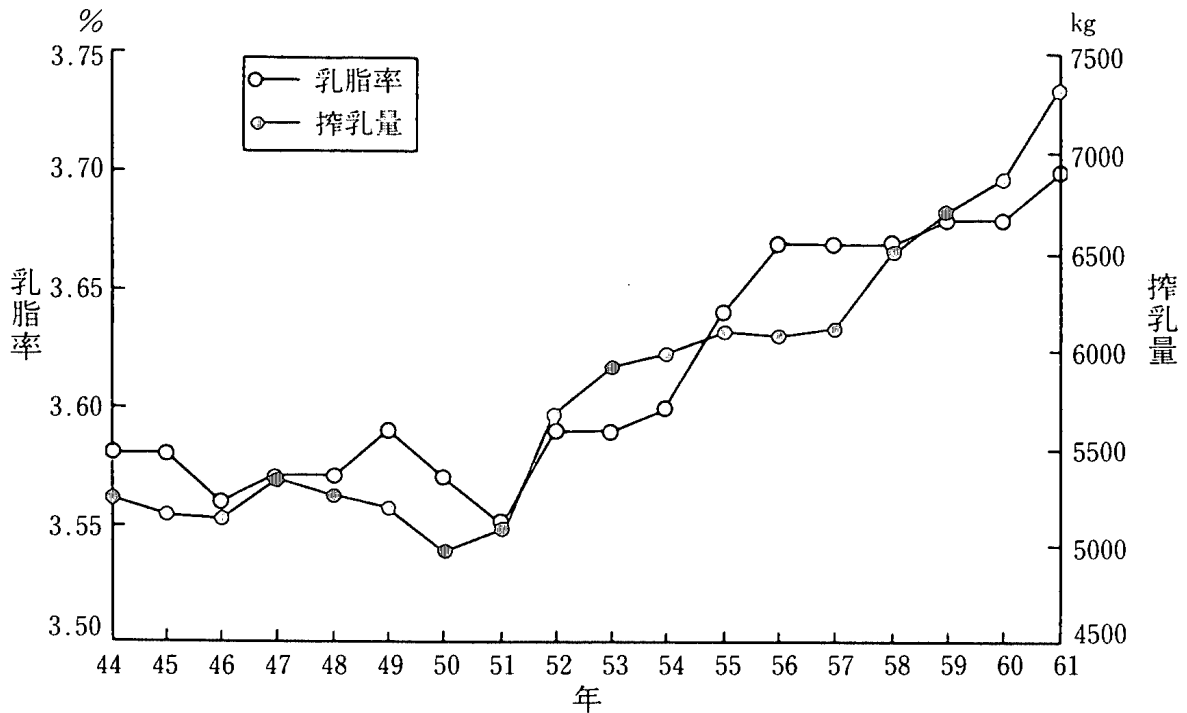
北海道酪農の特徴について簡単に述べると^{註1)}、第1に、生産性の向上を目指して頭数規模拡大とそれに伴う施設の拡大・拡充が行われたことが挙げられる。すなわち、1戸当りの乳用牛飼養頭数は昭和40年前半までは緩慢な伸びを示し、昭和41年で1戸当り7.7頭であったが、その後一貫して頭数が増加し、昭和62年には49.6頭(うち経産牛26.5頭)になった。さらに、頭数規模拡大と並行して飼養技術は省力化を目的とした牛舎やミルクカーの改良、バークリーナーの導入等により変貌を遂げている。

第2に、図5-1にあるように1頭当りの乳量は昭和44~46年、昭和47~50年の減少した時期があったが、昭和50年以降増加傾向にあることである。ここで、昭和54年の生産調整開始以降、搾乳された生乳の乳脂率は急激に上昇していることが特徴的である。

第3に、酪農においては牛群検定事業等の多くの技術的診断制度があることである^{註2)}。特に、昭和49年からの「乳用牛群改良推進事業」(昭和59年からは「乳用牛群総合改良推進事業」と改称)があり、その役割は主に、乳牛の能力検定等を通して乳牛の能力、飼料の成分などの多くの情報を酪農家にフィードバックしている点にある。

以上の動向のうち、施設の拡大・拡充は生産性の向上を目指しての規模の経済の追求と考えられるが、同時に省力的な技術進歩によるメリットの享受とも考えられる。しかし両者とも頭数規模拡大と並行して進んだため、技術

図5-1 北海道における1頭当り乳量および乳脂率の推移



進歩の効果を分離することは困難である。

また、1頭当り乳量の増大に伴った乳成分の向上は、生産調整を契機として量より質のメリットを求めた行動の結果であることを示すものである。乳量の増大や乳成分の向上は、給与する粗飼料、濃厚飼料の量・質の向上によるが、さらには優良な種雄牛の選定、高能力牛の導入、駄牛の淘汰等のような、乳牛改良による技術進歩が伴ったとも考えられる。

さらに、乳検制度は後代検定事業等の乳牛に関する他の家畜改良事業と併せて、乳牛、飼料などの分析資料に関して酪農家では把握できない情報を供給している。これは、乳牛の生理的条件が生産物・生産構造に与える影響が大きいという、酪農の特殊性に根ざしているからである。特に、乳量の増大や乳成分の向上が比較的短期間で実現されていることは、乳牛、飼料に関するこれらの多くの情報が貢献しているものと考えられる。

このように生産性の向上を目指した酪農家の行動が、規模の経済の享受を目的とした規模拡大、省力のための技術の導入に加え、収益増を目的として

生産物の量的増大・質的向上をめざしたことは、北海道酪農の大きな特徴である。そこで、乳牛改良等の技術進歩の生産性向上に対する貢献度を、生産構造全体の中から評価を行う必要がある。

従って、第5章の目的は、北海道酪農の技術進歩について取り上げ、技術進歩の生産性向上への貢献度、その要因について、定量的に明らかにする実証的分析を行うことにある。特に、中心となる分析は、搾乳部門を中心として、乳牛投入の生乳生産および生産性向上への貢献度を明らかにすることである。

そこで、第5章では以下の分析課題を設定する。

第1に、生産性の向上の中での技術進歩による貢献度を明らかにする。そのために、搾乳部門を中心とした北海道酪農の生産性の向上要因において規模の経済と技術進歩とを分離し、その中での技術進歩の貢献度を明らかにする。

第2に、技術進歩の要因を明らかにする。それは技術進歩の方向性を検討することにより分析を行う。従来、技術進歩の方向性は要素投入の側面から検討されてきている。そこで、要素投入に与える生産量規模の変化や技術進歩、価格変化による影響について分析し、その中から技術進歩の影響を分離した後、技術進歩の要因を検討することとする。

分析方法としては、生産性の向上、規模の経済性、技術進歩を定量的に捉えられ、技術進歩についてはその方向性が明らかになるような方法が必要である。それにはトランスログ費用関数を用いて分析することが適当である。従って、近年の北海道酪農の技術進歩の特徴をトランスログ費用関数により計測し、計測されたパラメータを用いて技術進歩の生産性向上への関与の程度、技術進歩の方向性について明らかにする。

第 2 節 トランスログ費用関数と総要素生産性

1. 技術進歩とその偏向性の計測のためのトランスログ費用関数

いま、 n 投入要素で 1 財の生産物を生産しているものとし、投入要素価格を P_i , $i=1, \dots, n$, 生産量を Y , 技術進歩を表す代理変数としてのタイムトレンドを T , 総費用を C とすると、トランスログ費用関数は以下のように示すことができる。

$$\begin{aligned} \ln C = & \alpha_0 + \sum_{i=1, n} \alpha_i \ln P_i + 1/2 \sum_{i=1, n} \sum_{j=1, n} \beta_{ij} \ln P_i \ln P_j + \alpha_Y \ln Y \\ & + 1/2 \beta_{YY} (\ln Y)^2 + \sum_{i=1, n} \beta_{iY} \ln P_i \ln Y + \alpha_T T + 1/2 \beta_{TT} T^2 \\ & + \sum_{i=1, n} \beta_{iT} \ln P_i \cdot T + \beta_{YT} \ln Y \cdot T \end{aligned}$$

制約条件 (1) 対称性条件 $\beta_{ij} = \beta_{ji} \quad i, j = 1, \dots, n$

(2) 一次同次条件 $\sum_{i=1, n} \alpha_i = 1$
 $\sum_{i=1, n} \beta_{ij} = 0 \quad j = 1, \dots, n$
 $\sum_{i=1, n} \beta_{iY} = 0$
 $\sum_{i=1, n} \beta_{iT} = 0$

生産者の均衡条件はシェファードの補題より導かれるコストシェア一式で表わされる。それぞれの投入要素のコストシェアを $S_i (i=1, \dots, n)$ とすると、

$$S_i = \alpha_i + \sum_{j=1, n} \beta_{ij} \ln P_j + \beta_{iY} \ln Y + \beta_{iT} T \quad i=1, \dots, n$$

となる。

2. パラメータによる分析指標

(1) TFP (Total Factor Productivity) ^{註3)}

TFP は総要素生産性と呼ばれ、いくつかの投入要素をウェイトを用いて集

計した総投入量に対する、いくつかの生産物をウェイトを用いて集計した総生産量との比率である。

すなわち、今 n 個の投入要素により m 個の生産物を生産するものとし、 W_i を生産物価格、 Y_i を生産量、 R を総収入、 P_j を投入要素価格、 X_j を投入量、 C を総費用とすると TFP の変化率は以下の通りである。

$$G(Y) = \sum_{i=1,m} \frac{W_i Y_i}{R} G(Y_i), \quad G(X) = \sum_{j=1,n} \frac{P_j X_j}{C} G(X_j)$$

とすると、

$$G(TFP) = \frac{G(Y)}{G(X)}$$

一方、費用関数上で、 TFP を定義することができ、 TFP の変化率は次のように要因分解される。

$$G(TFP) = \left(\frac{-\partial \ln C}{\partial \ln T} \right) + ((1 - \epsilon) \cdot G(Y))$$

ここで、 $\epsilon = \partial \ln C / \partial \ln Y$ は長期総費用の生産量弾力性、 $G(\cdot)$ は変化率である。また、 $(1 - \epsilon)G(Y)$ は生産量規模による貢献分であり、 $-\partial \ln C / \partial \ln T$ は次に説明する技術進歩による貢献分である。

なお、トランスログ費用関数のパラメータを用いれば、次のように示される。

$$G(TFP) = (-\alpha_T) + ((1 - \alpha_Y) \cdot G(Y))$$

(2) 技術進歩

技術進歩については様々な捉え方があるが、ここでは費用がいったいどの程度低下したのか、またその要因としてどの要素投入によるものかの2点で捉える。費用関数を用いた場合、前者を費用関数の下方シフト、後者を技術進歩によるコストシェアの減少として捉えられる。

すなわち、 C を総費用、 T を技術進歩の代理変数としてのタイムトレンド、

S_i を i 投入要素のコストシェアとすると、

技術進歩率は総費用のタイムトレンドによる変化率であるので、

$$\frac{\partial \ln C}{\partial T}$$

コストシェアのタイムトレンドによる変化率はバイアスとよばれ、

$$\frac{\partial \ln S_i}{\partial T}$$

となる^{※4)}。

技術進歩、バイアス等はトランスログ費用関数のパラメータをもちいて次のように表すことができる。

$$\frac{\partial \ln C}{\partial T} = \alpha_T$$

$$\frac{\partial \ln S_i}{\partial T} = \beta_{iT}/S_i$$

ここで、トランスログ費用関数の展開点においては $S_i = \alpha_i$ である。

(3) コストシェア変化の要因分解

コストシェアは生産量規模、投入要素価格、技術の状況により決定される。従って、コストシェアの変化を生産量規模の変化による貢献分、投入要素価格変化の貢献分、技術進歩の貢献分にそれぞれ分離することができる^{※5)}。

すなわち、

$$G(S_i) = \frac{\partial \ln S_i}{\partial \ln Y} G(Y) + \sum_{j=1, n} \frac{\partial \ln S_i}{\partial \ln P_j} G(P_j) + \frac{\partial \ln S_i}{\partial T}$$

$$(\text{全変化}) = \left(\begin{array}{c} \text{生産量規模変化} \\ \text{による貢献分} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{投入要素価格変} \\ \text{化による貢献分} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{技術進歩に} \\ \text{よる貢献分} \end{array} \right)$$

トランスログ費用関数のパラメーターをもちいると

$$G(S_i) = \beta_{iY}/S_i \cdot G(Y) + \sum_{j=1, n} \beta_{ij}/S_i \cdot G(P_j) + \beta_{iT}/S_i$$

となる。

但し、 $G(S_i)$ はコストシェアの変化率、 $G(Y)$ は生産量の変化率、 $G(P_j)$

は j 投入要素価格の変化率を表す。また、トランスログ費用関数の展開点においては $S_i = \alpha_i$ である。

(4) 代替の弾力性

代替の弾力性はアレンの偏代替弾力性に従う^{#6)}。

すなわち、

$$\sigma_{ij} = \frac{C \cdot C_{ij}}{C_i \cdot C_j}$$

但し、 C は総費用、 $C_i = \frac{\partial C}{\partial P_i}$ 、 $C_j = \frac{\partial C}{\partial P_j}$ 、 $C_{ij} = \frac{\partial^2 C}{\partial P_i \partial P_j}$

トランスログ費用関数のパラメーターをもちいると

$$\sigma_{ij} = (\beta_{ij} + \alpha_i \alpha_j) / \alpha_i \alpha_j, \quad i \neq j$$

となる。

3. 生産費データ

データは農林水産省「畜産物生産費調査」より、昭和44年から昭和61年までの北海道の乳牛頭数規模階層別データを用いた^{#7)}。

計測する際、投入要素が多いと計測すべきパラメータの数が多くなり、大量のデータが必要となるばかりではなく、分析を意味なく複雑なものにしてしまう。従って投入要素をいくつか集計して、投入要素を少なくしなければならない。投入要素は自給飼料、購入飼料、乳牛資本、機械建物、労働の5投入要素とした。

自給飼料は中間生産物として扱い、価格を費用価により捉えた。はじめに、生産費調査結果の「飼料の使用数量と価額」の個々の飼料の使用数量と価額と、中央畜産会「日本標準飼料成分表1980年版」のTDN栄養価から、TDN 1 kg当価格を個々の飼料について算定した。次に、個々の飼料の使用価額のシェアをウェイトとして合計し^{#8)}、1年毎の規模階層別価格を作成し

た^{註9)}。自給飼料費は牧草・放牧・採草費を用いた。

購入飼料は流通飼料費から生乳給与分を除いたものを、購入飼料費とした。価格は「農村物価賃金統計」より北海道の購入飼料価格指数を用いた。

乳牛資本は乳牛の減価償却費を乳牛資本費、乳牛の取得評価額を乳牛資本価格とした^{註10)}。

機械建物は農機具と建物の減価償却および光熱動力費を機械建物費とし、その価格としては農機具価格指数、建築資材価格指数、光熱動力価格指数から、それぞれの費用のシェアをウェイトとし、機械建物価格を作成した。

労働は農林水産省「農家経済調査」より女子労働時間に0.8を乗じて能力換算した北海道臨時雇用労賃を労働の価格とし、酪農の能力換算済みの総労働時間を乗じて労働費とした。

総費用は以上5費目の合計とし、コストシェアはそれぞれの費目のシェ

図5-2 投入要素価格の推移

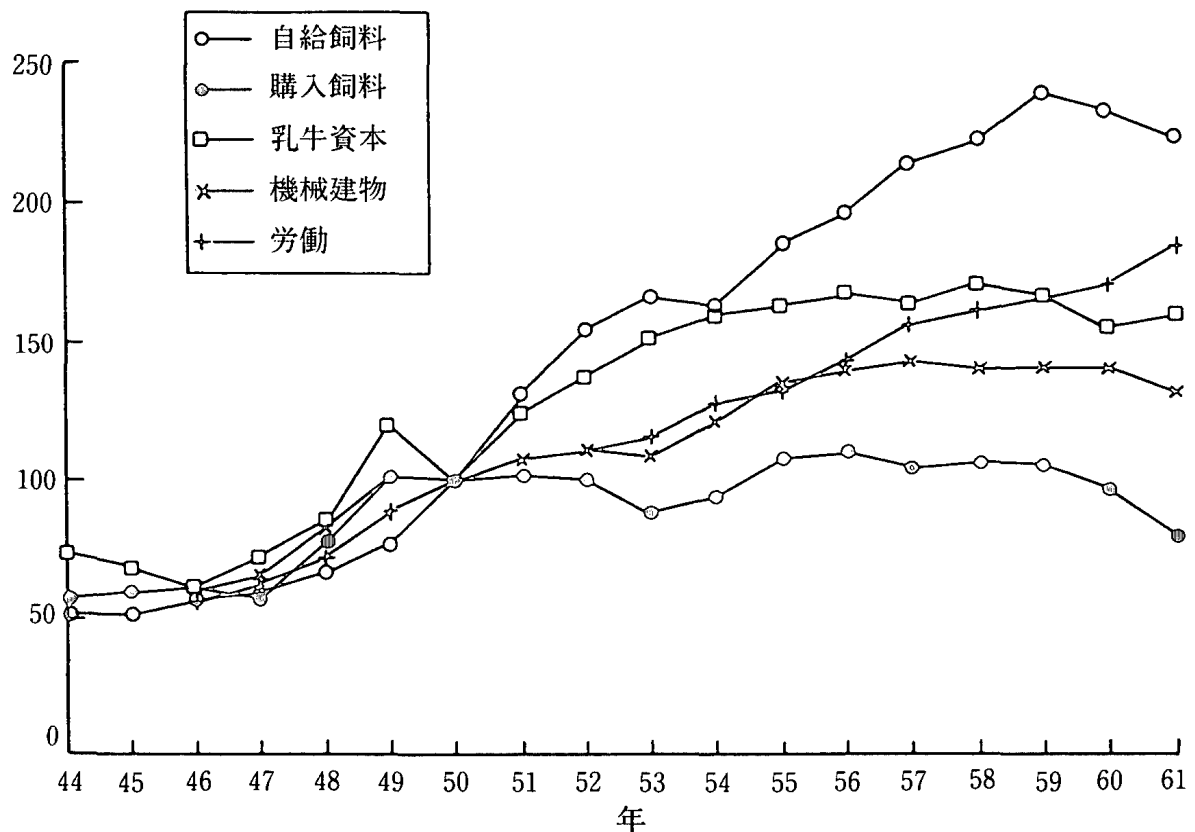
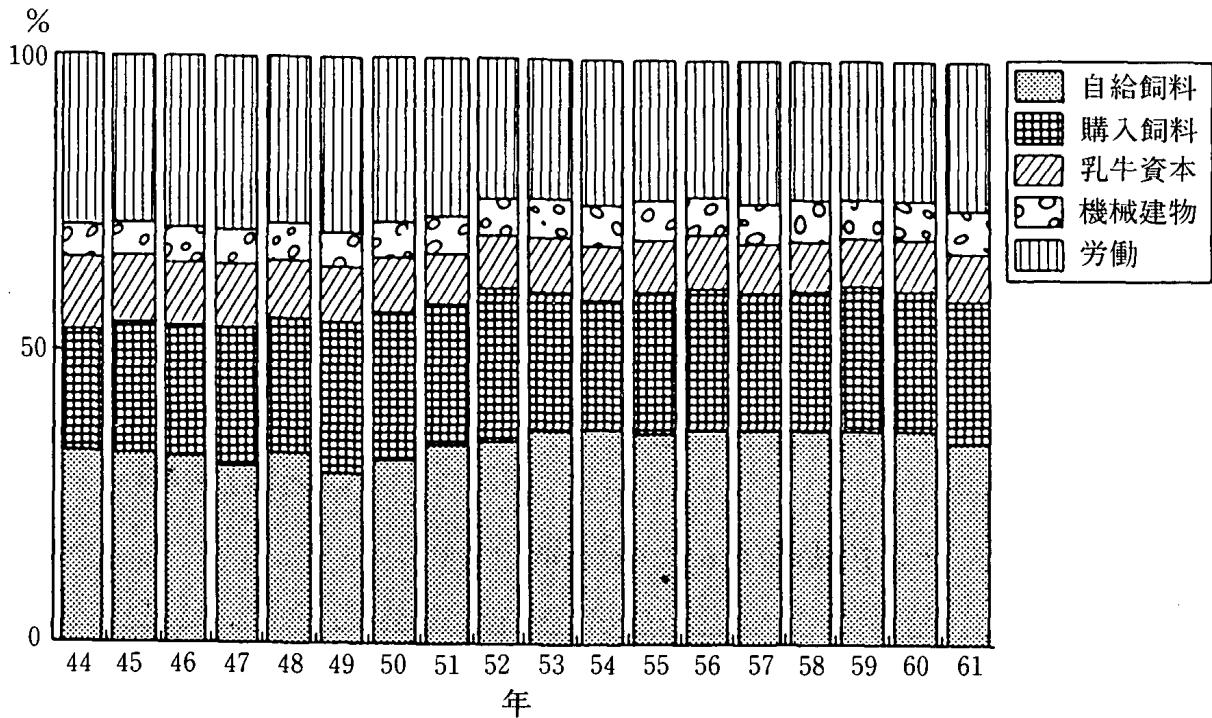


図5-3 計測に用いたコストシェアの推移



ア-とした。生産量は乳脂率3.2%換算乳量を用いた^{#11)}。

図5-2および図5-3に価格とコストシェアの動向を示した。価格は昭和50年を100として指数化している。上昇率は自給飼料価格、労働価格、乳牛資本価格、機械建物価格、購入飼料価格の順に小さくなっている^{#12)}。コストシェアは自給飼料、購入飼料で全体の約60%を占め、さらに労働、乳牛資本、機械建物の順に小さくなっている。

4. 計測式

計測にあたり、対称性条件と1次同次条件を付け、機械建物のコストシェア式を除いた4本のコストシェア式と、もとのトランスログ費用関数との連立体系をゼルナーの効率的推定法をもとに推計した。その際、データの平均値が1になるように基準化した。

計測式は以下の通りである。

$$\begin{aligned} \ln C/P_M &= \alpha_0 + \sum_{i=1,4} \alpha_i \ln P_i/P_M \\ &+ 1/2 \sum_{i=1,4} \sum_{j=1,4} \beta_{ij} \ln P_i/P_M \cdot \ln P_j/P_M + \alpha_Y \ln Y \\ &+ 1/2 \beta_{YY} (\ln Y)^2 + \sum_{i=1,4} \beta_{iY} \ln P_i/P_M \cdot \ln Y + \alpha_T T \\ &+ 1/2 \beta_{TT} T^2 + \sum_{i=1,4} \beta_{iT} \ln P_i/P_M \cdot T + \beta_{YT} \ln Y \cdot T \\ S_i &= \alpha_i + \sum_{j=1,4} \beta_{ij} \ln P_j/P_M + \beta_{iY} \ln Y + \beta_{iT} \cdot T \end{aligned}$$

但し $i = G, F, K, L$

第 3 節 生産性向上の要因分解と技術進歩

1. 計測結果

表 5-1 の計測結果について述べる。計測結果の吟味に関しては、計測式の決定係数、パラメーターの有意水準を問題とするのみならず、計測結果が Well-behaved な生産構造を表現しているかということも問題となる。

コストシェア一式の決定係数の自給飼料 0.5041, 購入飼料 0.6881, 乳牛資本 0.7560, 労働 0.8716 であり、またパラメーターは β_{YY} , β_{KL} , β_{TT} , β_{TC} を除いて有意水準 10% でゼロと有意差をもつ。

計測結果が経済理論と整合的な生産構造を示しているか否かについて、単調性、凸性の 2 点に関して検討する。単調性の条件とは計測された費用関数が投入要素価格についての増加関数でなければならないことを意味し、コストシェアの推定値が正の値であればよい。また凸性の条件とは費用最小化の二階の条件が満たされなければならないことを意味し、費用関数のヘッセ行列式が非正定値符号をとればよい。これらに関してはトランスログ費用関数の展開点で満足している。よって、この計測結果は北海道酪農における生乳の生産構造が理論整合的であることを示している。

表 5-1 トランスログ費用関数の計測結果

パラメータ	推定値	t 値
α_0	-0.0971	-3.97
α_Y	0.9402	60.23
β_{YY}	0.0054	0.29
α_G	0.3492	31.54
α_F	0.2963	27.93
α_K	0.0619	14.90
α_M	0.0724	
α_L	0.2203	21.89
β_{GG}	0.0976	5.35
β_{GF}	-0.0279	-2.25
β_{GK}	0.0105	1.86
β_{GM}	-0.0028	
β_{GL}	-0.0775	-5.45
β_{FF}	0.0918	5.23
β_{FK}	-0.0243	-3.57
β_{FM}	-0.0166	
β_{FL}	-0.0231	-1.42
β_{KK}	0.0163	3.08
β_{KM}	0.0040	
β_{KL}	-0.0066	-0.86
β_{MM}	0.0297	
β_{ML}	-0.0144	
β_{LL}	0.1216	5.39
β_{YG}	0.0209	6.21
β_{YF}	0.0294	12.16
β_{YK}	0.0117	11.37
β_{YM}	0.0043	
β_{YL}	-0.0663	-24.75
α_T	-0.0101	-2.00
β_{TT}	0.0005	1.14
β_{TG}	0.0006	0.56
β_{TF}	0.0049	4.81
β_{TK}	-0.0033	-8.32
β_{TM}	0.0009	
β_{TL}	-0.0019	-1.94
β_{YT}	0.0031	2.12

注) 10%有意水準=1.65、t 値のないパラメータは制約条件により計算された

G : 自給飼料、F : 購入飼料、K : 乳牛資本、M : 機械建物、L : 労働

シェアー式のR ²	自給飼料	購入飼料	乳牛資本	労働
		0.5041	0.6881	0.7560

2. 技術進歩とその要因

表 5-2 に TFP とその要因分解, 表 5-3 にコストシェアー変化の要因分解, 表 5-4 に代替の弾力性を示した^{註13)}。

TFP の変化は 1.15% であり, そのうち生産量規模の効果が 0.14%, 技術進歩の効果が 1.01% である。寄与率でみると, 生産量規模の効果が 12%, 技術進歩の効果が 88% である。このように, 技術進歩が及ぼす生産性の向上への貢献度は生産量規模の効果よりも大きいことから, 北海道酪農の搾乳部門においては, 主に技術進歩により生産性が向上してきたことが実証された。

次に, コストシェアー変化の要因分解から技術進歩の貢献度とその方向性とをみる。

自給飼料のコストシェアー変化の要因別の変化率は, 寄与率でみると生産量規模の効果が 10%,

表 5-2 TFP 変化の要因分解(%)

TFP	規模	技術進歩
1.1527	0.1437	1.0090
100	12	88

注) 上段は変化率、下段は寄与率

表 5-3 コストシェアー変化の要因分解(%)

	規模	価格	技術進歩	合計
自給飼料	0.1439	1.0608	0.1759	1.3806
	10	77	13	100
購入飼料	0.2385	-1.4949	1.6651	0.4087
	58	-366	407	100
乳牛資本	1.1801	1.7533	-5.3847	-2.4513
	48	72	-220	-100
機械建物	0.3438	0.0464	1.2161	1.6063
	21	3	76	100
労働	-2.4035	-0.1786	-0.8461	-3.4282
	-70	-5	-25	-100

注) 上段は変化率、下段は寄与率、変化率は%表示

表 5-4 代替の弾力性の計測結果

自給飼料-購入飼料 0.7306	購入飼料-機械建物 0.2277
自給飼料-乳牛資本 1.4868	購入飼料-労働 0.6462
自給飼料-機械建物 0.8900	乳牛資本-機械建物 1.8976
自給飼料-労働 -0.0079	乳牛資本-労働 0.5177
購入飼料-乳牛資本 -0.3228	機械建物-労働 0.0952

価格の効果が77%、技術進歩の効果が13%であり、価格による効果が大きい。図5-2および注12)によれば自給飼料価格の上昇率は高いため、投入量を節約しかつ、他投入要素で代替してもなおコストシェアを増加させる方向に働いたことを示す。

購入飼料は同じく寄与率でみると、生産量規模の効果が58%、価格の効果が-366%、技術進歩の効果が407%である。価格の効果についてみると、図5-2によれば購入飼料価格の上昇率が相対的に低いため、他投入要素に比べ投入量は相対的に増加するが、図5-3では購入飼料のコストシェアは約30%となっており、生産費に占める割合が大きい。そのため、他の投入要素との代替によりコストシェアを抑える方向に調整してきたものと考えられる。

乳牛資本については、同じく寄与率でみると生産量規模の効果が48%、価格の効果が72%、技術進歩の効果が-220%である。技術進歩の効果は他4投入要素の中でも一番大きい(-5.38)。注10)から本計測に用いられた乳牛資本は質を反映しているといえる。この技術進歩の効果が大きいということは、乳牛の質の向上がコストシェアを節約する方向に働き、費用の低下と結びついていることを示す。従って、ここで技術進歩の要因が主に乳牛の改良、質的向上にあると解釈される。

ここで、自給飼料、購入飼料の投入と乳牛投入との関係を明らかにする。購入飼料ではコストシェア変化において技術進歩により正の大きな効果があるが(1.67, 407%)、自給飼料では技術進歩の効果は同じく正であるが値は小さい(0.18, 13%)。ここで、表5-4の代替の弾力性についてみると、乳牛資本と自給飼料の代替の弾力性は代替的(1.49)であるが、それと購入飼料は補完的(-0.32)である。かつ自給飼料と購入飼料は代替的(0.73)である。これは乳牛の投入に合わせて、自給飼料を購入飼料に代替させ、購入飼料多投的になっていることを表すものである。すなわち、自給飼料の生産費用と購入飼料価格との相対的上昇傾向と並行して、乳牛改良が進み、そ

の結果、乳牛資本節約的な技術進歩の偏向性となって表われたといえる。

機械建物については、寄与率でみると生産量規模の効果が21%、価格の効果が3%、技術進歩の効果が76%である。コストシェアーの変化は生産量規模よりも技術進歩の効果の方が大きい。このことは施設の拡大・拡充により、機械建物の生産量規模間でのコストシェアーの格差はわずかに増加させたが、技術進歩の効果によりコストシェアーを総体的に押し上げていることを示している。

労働は、寄与率でみると生産量規模の効果が-70%、価格の効果が-5%、技術進歩の効果が-25%である。寄与率で一番大きな生産量規模の効果は変化率では-2.40%であり、他の4投入要素のなかでも最も大きい。この生産量規模による労働節約的效果が大きいということは、主に牛舎や関連施設の規模間格差が労働のコストシェアー格差を生じさせていることを示している。

また、機械建物と労働の代替については、表5-4の代替の弾力性の値が非常に小さい(0.095)。これは機械建物と労働のコストシェアーの変化要因の中で、価格の効果が小さいこととも関連している。すなわち、生産量規模が不変のもとで、相対価格の変化による機械建物と労働の代替の可能性は小さいということを示している。

以上を要約すると、第1に、搾乳部門を中心とした北海道酪農の生産性の向上は技術進歩でほぼ説明され、とくに投入要素でみると乳牛投入によるものが大きな要因であり、乳牛の質的向上として解釈される。加えて、自給飼料から購入飼料への代替が伴ったことも明らかになった。第2に、頭数規模拡大に対応した省力化のための施設の拡大・拡充は、機械建物と労働の規模間でのコストシェアーの格差となって表れた。また、技術進歩による省力的効果は小さく、かえって機械建物のコストシェアーは増加している。また、代替の弾力性は小さく、規模拡大なしに労働と機械建物との代替は難しいといえる。

第4節 技術進歩と乳牛改良

搾乳部門を中心とした北海道酪農についてのトランスログ費用関数の計測により、以下のことが明らかとなった。

第1に、北海道酪農のTFPは年率1.15%で上昇し、そのうち技術進歩の効果は88%と計測された。技術進歩は規模の経済に比較すると、生産性の向上へ結びつく貢献度が大きいといえる。

第2に、購入飼料の技術進歩効果によるコストシェアー変化は増加する傾向にあった。これは生乳生産、ひいては乳牛改良が購入飼料に多く依存する方向に向かったということを表している。しかし、これは生産費用の増加を招き、費用低下という観点からみると非効率的であるため、購入飼料の節約のための対策を講じる必要があるだろう。

第3に、自給飼料の投入は費用がかさむばかりで、コストシェアーも増加する方向にあった。しかし、分析結果からは技術進歩の効果は小さいものであった。技術進歩の主要因である乳牛改良のメリットを発揮できるような自給飼料自体の質的向上、生産費用の削減を追求しなければならない。

第4に、投入要素コストシェアー変化の中で技術進歩の影響が大きいのは、乳牛資本であり、乳牛改良が技術進歩の大きな要因であったと解釈された。また、同時に自給飼料の生産費用と購入飼料価格との相対的上昇傾向から、購入飼料に多く依存していく乳牛改良になっていることは、第2、第3の指摘からも明らかである。

第5に、頭数規模拡大とそれに並行した施設の拡大・拡充の効果を、労働のコストシェアーの変化でみると、技術進歩よりも生産量規模の効果による節約効果が大きいことがわかった。また、代替の弾力性も含めて検討した結果、規模拡大なしでは機械建物と労働との代替の可能性は難しいことがわかった。

北海道酪農においては、飼料部門では、省力的技術の導入を伴い、面積規模拡大を成し遂げてきたので、規模の経済性が生産性の向上に結びつくのはむしろ飼料部門においてであろう。しかし、結果的に大きな負債問題を生じさせたことと、頭数規模の拡大が先行したために飼料基盤の不足を招いたことから考えると、生産性の向上への貢献については、懐疑の眼をもたらざるをえない。

搾乳部門においても省力的技術は導入されたが、むしろ飼料投入の側面、すなわち購入飼料費の増大を賄うような増収を得ることにウエイトがおかれていたと思われる。乳牛改良は、増収を可能にするものであり、計測結果は確かな証拠を示している。しかしながら、飼料を外部から依存せざるをえなかったことは、飼料部門での歪みが招いた結果であるのは言うまでもないことである。

[脚注]

- 1) 美土路, 山田 (1985), 桜井 (1981), 七戸 (1983) に詳しい。
- 2) 本論第 2 章に詳しい。
- 3) Denny, Fuss and Waverman (1981) に詳しい。Antle, Capalbo (1988) ではパラメトリックな方法とノンパラメトリックな方法を合わせて紹介している。
- 4) Binswanger (1974a), (1974b), Stevenson (1980) の定義に従う。ヒックスニュートラルの定義については, Blackorby, Lovell and Thursby (1976) に詳しい。
- 5) Green (1983) による。
- 6) 代替の弾力性の展開については Binswanger (1974a) に詳しい。
- 7) 昭和 52 年までの頭数規模階層区分で 1～2 頭, 3～4 頭, 5～6 頭, 7～9 頭の階層については, 昭和 53 年以後, 1～4 頭, 5～9 頭へと階層区分が変更されているため, 調査農家数を考慮して 1～4 頭, 5～9 頭の階層へと再集計した。各年 5 階層であり, サンプル数は 108 個となる。
- 8) 以下, 各費目においてシェアをウエイトとして集計しているが, その算出式はデヴィジェア価格指数を想定して以下のようにした。

$$\text{すなわち, } \ln P = \sum S_i \ln P_i$$

- 9) 牧草生産に必要な肥料, 種子等は市価評価によっており, 集計された自給飼料の費用価は市価を考慮して作成されたものといえる。
- 10) 乳牛の償却費は (搾乳牛の評価額-残存価額) / 将来耐用見込年数で算出されている。定額法が実際の生産の現場において適当であるかは別の機会にふれることにして, まず評価額とは年齢, 血統, 体型, 資質, 泌乳能力, 産子能力などを考慮し, その地方における家畜市場の取引価格または, 実際の売買価格などを参考にして評価している。また, 残存価額は老廃牛の市場取引価格を参考としている。
- 個々の乳牛または牛群での改良は年齢, 血統, 体型, 資質, 泌乳能力, 産子能力が判断基準となり, 質の向上の成果とともにその評価額に現れる。また, 乳牛の搾乳のための能力と肉の価値とは全く別であるので, 償却費, 取得評価額ともに生乳生産における乳牛の質が反映されているといえる。
- 11) 乳脂肪分の上昇は生産量の増加に置き換えられることになり, 生産物の質の向上と量の増加を考慮した技術進歩を分析することになる。
- 12) 価格の変化率はそれぞれ自給飼料価格 10.5%, 労賃 7.89%, 乳牛資本価格 6.24%, 機械建物価格 5.84%, 購入飼料価格 3.08%である。
- 13) 参考のために表 5-5 に価格弾力性を示しておく。なお, 算出式は次の通りである。

$$\text{自己価格弾力性: } \eta_{ii} = \frac{\partial \ln X_i}{\partial \ln P_i} = (\beta_{ii} + \alpha_i^2 - \alpha_i) / \alpha_i$$

$$\text{交差価格弾力性: } \eta_{ij} = \frac{\partial \ln X_i}{\partial \ln P_j} = (\beta_{ij} + \alpha_i \alpha_j) / \alpha_i, \quad i \neq j$$

但し X_i, X_j は投入量, P_i, P_j は投入要素価格である。

表 5-5 価格弾力性の計測結果

価格弾力性 X_i	P_j				
	自給飼料	購入飼料	乳牛資本	機械建物	労働
自給飼料	-0.3712	0.2551	0.5191	0.3107	-0.0027
購入飼料	0.2165	-0.3939	-0.0957	0.0675	0.1915
乳牛資本	0.0920	-0.0200	-0.6749	0.1174	0.0320
機械建物	0.0644	0.0165	0.1373	-0.5166	0.0069
労働	-0.0017	0.1423	0.1140	0.0210	-0.2277

第 6 章 継続的乳量増加酪農家の技術的・経済的効率性の分析

第 1 節 固定資本投入による生産費用増加と 1 頭当り乳量増加

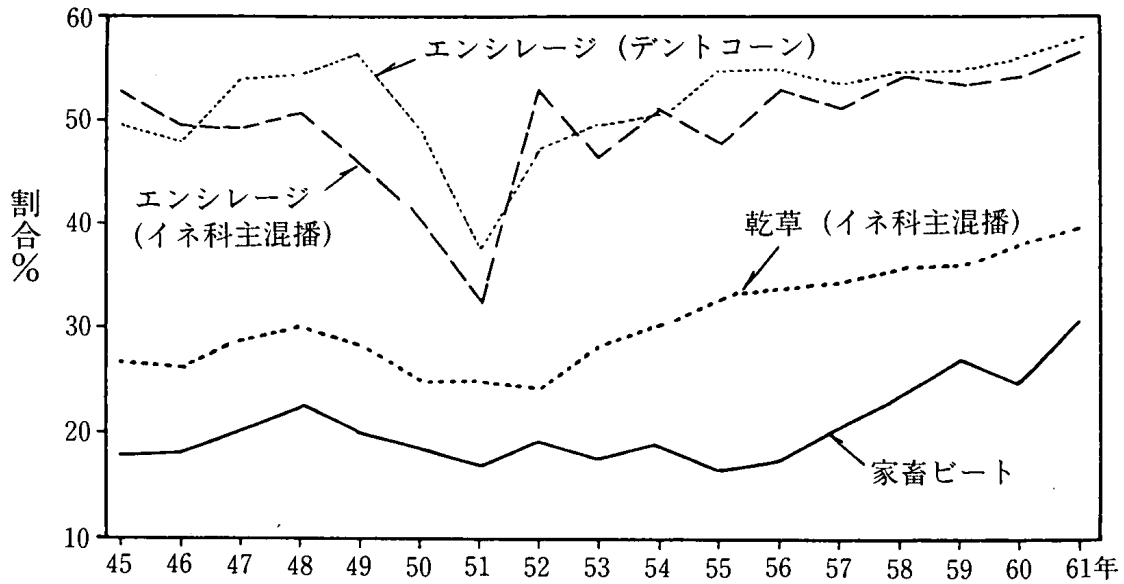
昭和 40 年代から北海道酪農においては、規模拡大と専門化を目指した多額の固定資本投資が行われてきた。しかし、昭和 53 年からの乳価据置および昭和 54 年からの生産割当の開始により投資の回収の途は狭められ、多数の酪農家に過剰負債問題を発生させた^{#1)}。価格と産出量の両面から制約を受けたために、酪農経営の中に非効率性を生じさせたのである。資金繰り面での困難は「酪農経営負債整理資金」等の救済制度の導入により解決されうるとしても、生乳の生産における非効率性に対しては酪農家は解決するための方法を容易には見いだせなかった。

生産理論からみた非効率性は、生乳生産過程上での生産均衡条件の成立如何により判断されなければならない。資本投入の場合、資本ストックはフローとして評価されなければならない^{#2)}。もしも、要素投入が生産均衡条件を満たさなければ、生産費用はそれだけ大きくなる。

北海道酪農においては飼料生産関係の農機具やサイロ、牛舎、乳牛などに多額の投資がなされたことは周知の事実である^{#3)}。飼料作物費用価に占める固定財費の割合を図 6-1 に示した。各飼料費用価におけるそれらの割合をみると、家畜ビートの場合では約 20% 程度であるが、牧草では約 50% 程度を占める。特に大型機械を必要とする牧草、デントコーン、およびエンシレージ^{#4)} は固定財費用の割合が概して 30% を越え、しかも昭和 52 年頃から増加している。飼料作物の固定財費用の割合は増加傾向にあり、乳価の据置・生産割当の開始時期から増加し始めている。

生乳生産費に占める主な費用の割合を図 6-2 に示した。自給飼料費としての放牧牧草採草費についてみると、昭和 56 年頃まで増加し続け、30% を若

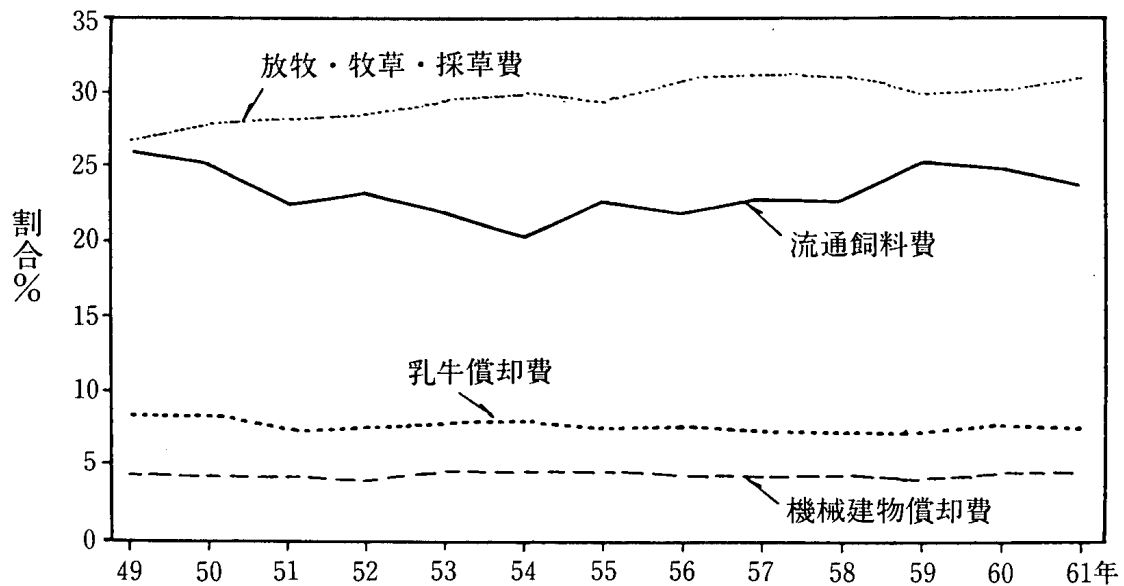
図6-1 飼料作物費用価に占める固定財費の割合
(北海道、昭和45年～昭和61年)



(資料)「畜産物生産費調査」

(注)費用価の内容は材料費、労働費、固定財費であり、固定財費は、飼料部門の建物・農機具・永年牧草の費用である。

図6-2 生乳生産費用に占める主な費用の割合
(北海道、昭和49年～昭和61年)



(資料)「畜産物生産費」

(注)機械建物償却費は搾乳部門における農機具、建物の償却費である。

干越えて現在に至っている。搾乳部門の機械建物や乳牛の割合は相対的に小さい。乳牛の償却費は全体の中で減少傾向にある一方、機械建物の償却費はその割合に変化はみられない。このように特に飼料生産部門において、固定資本の償却費が生産費用全体に圧迫を加えてきている有様がみられる。その費用増分のうち「資本投入の非効率性」による部分が皆無であるとは断言できない。

ところで、投資によるリターンを得るためには粗収益を増加させなければならぬ。しかし、乳価が据え置かれているため、産出量の調整が必要である。産出量の調整の仕方は、生産割当の枠の中での頭数規模の拡大か乳牛 1 頭当りの乳量の増加かである。そのうち再投資等の追加的な費用増加を避けながら産出量の調整を図るには、後者の 1 頭当り乳量の増加による方法が適当であると考えられる^{#5)}。

1 頭当り乳量増加の持つ意味としては次の 2 点が考えられる。第 1 に、平均費用の低下である。平均費用関数が右下がりであると仮定すると、平均費用関数上では頭数を一定とすれば乳量の増加は産出量の増加を意味し、規模の経済が発現できるからである。第 2 に、技術進歩としての評価である。酪農経営において 1 頭当り乳量は、投入要素による平均生産性としての意味と乳牛の泌乳能力を示す個体乳量としての二つの意味づけがなされる。1 頭当り乳量の増加が飼料等の投入増のみによりなされる場合に加え、乳牛改良による泌乳能力の向上を伴うならば、技術進歩としての意義は見だしやすい。従って、乳量増加は規模の経済や技術進歩により生産性を向上させ、利潤をより大きく獲得するための方法として評価される。

ここで、規模拡大を伴った飼料生産部門、搾乳部門に対する固定資本投入が生んだ生産費用の増加の中で、乳価据置・生産割当の開始による非効率性の発生による生産費用の増加分についての評価を行う必要があるものと考えられる。そこで固定資本増投による生産費用の増加と乳量増加による生産性の向上との間に、主に生産費用の調整による利潤の確保という経済的インセン

タイプを通じての一つの接点が見いだされる。すなわち、固定資本投入が過大であり、しかも非効率的であるために生産費用が増加し、それ以上の粗収益を得るために1頭当り乳量を増加させざるを得ないと考えるのである。第6章では、以上の関係がどの程度成立しうるのか、またどのような条件の下で成立するのかを明らかにしていく。

課題への接近方法としては第1に乳価据置・生産割当の時期に1頭当り乳量の増加した酪農家について、乳量増加の方法および経営に対する効果を収益性、要素投入状況および費用面から考察する。特に、固定資本投入の状況、あるいは平均費用の変化の両者に注目する。第2に固定資本投入による非効率性の存在とその要因を明らかにし、そこから乳量増加のもつ意味を明らかにする。ここでは効率性を「技術効率」と「経済効率」との両面から捉え、1頭当り乳量増加農家群について非効率性の程度とその存在理由を明らかにする。分析は乳量増加農家について、ノンパラメトリックな方法により技術効率および経済効率を計測することを中心にして行う。最後に、若干の考察を行う。

第2節 1頭当り乳量増加と生乳生産構造

1. 乳量増加農家における固定資本の投入状況

分析期間は、乳価の据置と生産割当とが開始され、農機具・建物等の固定資本投入が生産費用を圧迫しはじめた昭和54年から昭和57年までの4年間とする。また分析対象は、農林水産省「畜産物生産費調査」を利用して、搾乳牛1頭当り3.2%換算乳量が毎年増加している北海道の酪農家15戸とした。

それら15戸について固定資本の投入状況、乳量増加の方法および経済的な効果について整理したものを表6-1に掲げた。また、それら酪農家の特徴を明らかにするため、同じく農林水産省「畜産物生産費調査」、同「経営形態

表6-1 乳量増加農家と平均的農家との比較(北海道、昭和54年～昭和57年)

	乳量増加農家				平均的農家			
	54年	55年	56年	57年	54年	55年	56年	57年
1 頭 当 乳 量 (kg)	5,646 (0.94)	5,980 0.98	6,298 1.04	6,584 1.08)	5,982	6,083	6,074	6,093
酪農固定資本構成比 (%) 2)	52.35 (1.13)	54.57 1.14	56.92 1.32	54.11 1.44)	46.31	47.68	43.08	37.47
自給飼料費用割合 (%) 3)	29.20 (0.98)	30.30 1.03	32.16 1.04	31.53 1.01)	29.92	29.40	30.90	31.27
乳牛資本償却費割合 (%)	7.65 (0.97)	7.16 0.95	6.74 0.89	7.20 0.98)	7.89	7.55	7.54	7.37
建物・農機具償却費割 合 (%)	4.95 (1.09)	4.67 1.04	4.69 1.09	4.95 1.17)	4.54	4.47	4.30	4.25
乾牧草固定財費費用割 合 (%)	50.62 (1.01)	50.84 0.93	55.92 1.02	54.13 1.01)	50.32	54.80	54.90	53.60
エンシレージ固定財費 費用割合(%) 6)	43.80 (1.12)	44.21 1.12	43.39 1.02	42.57 1.03)	39.18	39.44	42.62	41.15
1 頭 当 配 合 飼 料 投 入 量 (kg)	1,372 (1.10)	1,275 1.11	1,247 1.21	1,240 1.13)	1,252	1,144	1,030	1,097
分 娩 間 隔 (月)	13.08 (1.00)	13.02 0.96	13.02 0.97	12.45 0.93)	13.10	13.50	13.40	13.40
乾 乳 期 間 (日)	70.66 (1.07)	74.21 1.08	71.47 1.04	65.98 1.00)	66.00	69.00	69.00	66.00
搾 乳 月 数 (月)	10.05 (0.98)	10.18 0.98	10.33 0.99	10.42 0.99)	10.30	10.40	10.40	10.50
1 頭 当 乳 牛 価 格 (円)	420,014 (1.12)	454,959 1.17	461,782 1.20	478,233 1.27)	375,628	389,202	383,300	377,205
1 戸 当 換 算 頭 数 (頭)	25.55 (1.19)	25.73 1.06	26.25 1.08	26.49 1.05)	21.50	24.30	24.30	25.30
1 kg 当 生 乳 価 格 (円)	84.32 (1.00)	79.94 1.01	77.04 0.99	77.70 0.99)	84.54	79.44	77.85	78.24
1 kg 当 1 次 生 産 費 (円)	70.53 (1.03)	68.87 1.04	72.38 1.01	71.41 0.96)	68.24	66.09	71.85	74.68
1 kg 当 2 次 生 産 費 (円)	81.27 (1.03)	79.86 1.04	83.23 1.00	81.31 0.95)	78.63	77.00	83.07	85.79
1 頭 当 利 潤 (円)	24,187 (0.68)	3,150 0.21	-34,776 1.10	-21,232 0.46)	35,345	14,819	-31,735	-46,038
1 頭 当 所 得 (円)	188,546 (0.89)	185,263 0.94	153,783 0.99	170,666 1.18)	210,887	197,743	156,105	144,401
1 頭 当 勞 働 報 酬 (円)	129,289 (0.87)	120,549 0.92	86,869 0.99	106,489 1.39)	148,711	131,396	87,931	76,688

資料)「畜産物生産費調査」「経営形態別にみた農家経済」

注1) ()内は乳量増加農家/平均的農家。

2) 乳量増加農家については建物、農機具、牧草関係の固定資本を合計で除した。

平均的農家については「経営形態別にみた農家経済」より酪農の建物、農機具の固定資本を合計で除した。

3) 生乳生産費用合計に占める割合。

4) 建物・農機具は搾乳部門のみについてであり、生乳生産費用合計に占める割合である。

5) 飼料作物の費用価に占める固定財費(飼料部門の建物、農機具、永年牧草)の割合。平均的農家は混播(イネ主)による。

なお、乳量増加農家は資料上飼料を特定化できないが、混播(イネ主)は費用価で乾牧草全体の費用価の98%を占める。

6) 飼料作物の費用価に占める固定財費(飼料部門の建物、農機具、永年牧草)の割合。平均的農家は混播(イネ主)とデントコーンの固定財費の合計を両者の費用価の合計で除した。

なお、乳量増加農家は資料上飼料を特定化できないが混播(イネ主)とデントコーンのエンシレージは費用価でエンシレージ全体の全体の85%を占める。

別にみた農家経済」による酪農家の平均データを「平均的農家」として援用し、それぞれの項目の比較を行った^{註6)}。

表6-1から資本ストックの比較を固定資本構成比について行くと、飼料生産部門と搾乳部門の建物、農機具評価額について乳量増加農家の方がその構成比が高くなっている。

生乳生産費の費用合計に占める主な費用割合についてみると、自給飼料については乳量増加農家の方が若干大きい時期がみられる。搾乳部門の建物、農機具については乳量増加農家が一貫して割合が大きいですが、乳牛については逆にその割合は小さい。

次に自給飼料として乾牧草、エンシレージをとりあげ、費用価に占める固定財費用の割合をみると、それは概して乳量増加農家の方が大きくなっている。すなわち、乳量増加農家の自給飼料生産における固定資本投入は、平均的農家よりも費用の割合でみると大きいものであることがわかる。

従って、乳量増加農家は平均的農家に比べ飼料生産部門、搾乳部門両部門において建物、農機具等の固定資本がそのストック、フロー共に大きいことがわかる。

2. 乳量増加の方法と意義

乳量増加の方法について、飼料投入量の増加によるもの、搾乳期間の延長によるもの、乳牛の質的向上によるものの3点について取り上げ、それぞれ該当する項目について同じく表6-1に示した。

飼料投入については配合飼料投入量で代表させたが、乳量増加農家の投入水準は高い。また、投入量はこの期間は減少傾向にあるが、乳量増加農家はその減少傾向が少なくなっている^{註7)}。搾乳期間については分娩間隔、乾乳期間、搾乳月数等から捉えた。乳量増加農家は分娩間隔、乾乳期間ともに短縮され、搾乳月数が延長されている。また乳牛の質を代表させるものとして乳牛の価格をみると^{註8)}、乳量増加農家の乳牛の価格はその水準は高く、しかも

平均的農家に比べその増加率は高まっており、乳量増加に対する乳牛の質の向上が読みとれる。

乳量増加の方法は特定化できないが、飼料投入量の増加、搾乳期間の延長、乳牛の質的向上については共に乳量増加に結び付いていることがわかる。

次に、粗収益増加の手段としての乳量増加の位置づけと、乳量増加による平均費用や収益性の変化を明らかにする。

搾乳牛頭数についてみると、乳量増加農家の搾乳牛頭数は増加しているが平均的農家に比べるとその増加率は小さい。また、生乳 1 kg 当り価格は平均的農家よりも低くなっている。頭数の拡大、乳価の向上よりも、乳量の増加により産出量を増加させて粗収益増加をねらっている。

利潤については不安定である。また 1 kg 当りの 1 次、2 次生産費については昭和 57 年に至って平均的農家よりも低くなり、所得、労働報酬についても昭和 57 年に至り平均的農家よりも高くなっている。乳量増加農家の乳量は、昭和 56 年に乳量水準が平均的農家より高くなり、その後平均費用低下、収益性向上の結果が見られた。これは 1 頭当り乳量増加によって相対的に乳量水準が平均的農家よりも高くなることにより、平均費用の低下、所得、労働報酬の向上が得られたものと解釈される。

以上を要約すると、乳量増加農家は飼料生産部門および搾乳部門の建物、農機具等の固定資本についてストック、フローともに大きい。また、乳牛資本投入に関しては乳量増加に貢献している。1 頭当り乳量の増加は粗収益増加のための方法として、その位置づけは重要であり、平均費用低下や所得向上の効果を発現させている。ここに固定資本投入の増加による生産費用の増加を、1 頭当り乳量増加により抑えうる可能性が存在していることがわかる。また、「非効率性」の存在については、生産費用における費用の割合の大きさから判断すると、乳牛資本を除いた飼料生産部門および搾乳部門の建物、農機具の固定資本投入の仕方についてその原因があると思われる。

第3節 ノンパラメトリックな技術効率および経済効率の分析

1. 効率性の分析モデル

生産における効率性の分析は Farrell (1957) により初めて試みられた。そこでの効率性に対する基本的な考え方は、フロンティア生産関数の存在を仮定し、そこからの個々のデータの乖離の程度を非効率性の大きさとするものである。効率性の分析についてはその後様々な研究がなされている。

その分析モデルは大きく二つの流れにそって発展してきた^{註9)}。一つはフロンティア生産関数を計測し、そこからのデータの乖離を吟味する方法がある。フロンティア生産関数は、誤差項に対して様々な仮定をおくことにより統計的に計測するものと、フロンティア生産関数よりも効率良く生産活動を行うデータは存在しないという仮定の下に線形計画法を計算方法として用いることにより計測するものとの二種類がある。前者については Førsund, Lovell and Schmidt (1980) によりサーベイが行われている。後者については Nisimizu, M., and J. M. Page (1982) によりトランスログ生産関数に対しての適用がなされている。二つめとして、効率性を定義した後、線形計画法によりその大きさを明らかにするものである。これはさらに二つに分けられ、一つには効率性を直接に定義し線形計画法により解くものがある。例えば Fare Grosskopf and Lovell (1985) や DEA がある。DEA は最初に Charnes, Cooper and Rhodes (1978, 1981) が発表し、それ以降は多くの研究がある。日本では刀根 (1987~1988) が紹介している。いま一つには生産構造におかれる様々な仮定に対し、データがその仮定と一致性を持つか否かをテストすることにより効率性を判断するものがある。生産関数の連続性、凸性、同次性、分離可能性や費用最小化、利潤最大化などの仮定が検証できる。これには、Afriat (1972), Chavas and Cox (1988), Diewert and Parkan (1982), Fawson and Shumway (1988), Hanoch and Rothschild (1972), Varian

(1984) らの一連の研究がある。

ここでは、フロンティア生産関数の形状については、通常の仮定以外の情報は不必要であり、個々のデータの効率性の大ききさだけがわかればよい。しかも、単に生産関数上の技術的な効率性のみならず、価格均衡面からの分析も行うことが必要である。また、分析対象農家戸数は 15 戸と少なく、関数を計測することは不可能である。従って、データが生産構造におかれる仮定と一致性を持つか否かによって効率性の分析を行うことにより「技術効率」「経済効率」を共に分析するモデルを援用する。ここでは Diewert and Parkan (1982) の方法によった。

(ア) 技術効率

生産関数の「規則条件テスト」と呼ばれているこのテストは、分析対象のデータが、仮定された生産関数の条件を満たすか否かを検討するモデルである。個々のデータ毎に分析される条件との一致性の程度は、フロンティア生産関数からの乖離の程度であり、技術効率としての解釈が可能のため、当該モデルを用いる。

生産関数についての規則条件 A : ①上から連続②非減少③ (厳密な) 準凹。①はおおのこの $Y \geq 0$ について $L(Y) \equiv \{X : f(X) \geq y\}$ が閉じた集合であることを意味する。②はより大きな投入は産出を減らさないことを意味する。③ $L(Y)$ が凸集合であることを意味する。すなわち規模の経済の存在を許容した生産関数である^{註10)}。説明の簡単化のために、 J 個のデータが K と L の 2 投入要素で 1 財 Y の産出を行っているものとする。

次の順序づけのもとで

$$Y_1 < Y_2 < \dots < Y_J \quad (1)$$

i 番目のデータのテストは

$$\begin{array}{ll} \min & \mu_i \\ \text{sub} & K_{i+1} \cdot \lambda_{i+1} + K_{i+2} \cdot \lambda_{i+2} + \dots + K_J \cdot \lambda_J \leq K_i \cdot \mu_i \end{array} \quad (2)$$

$$L_{i+1} \cdot \lambda_{i+1} + L_{i+2} \cdot \lambda_{i+2} + \dots + L_J \cdot \lambda_J \leq L_i \cdot \mu_i$$

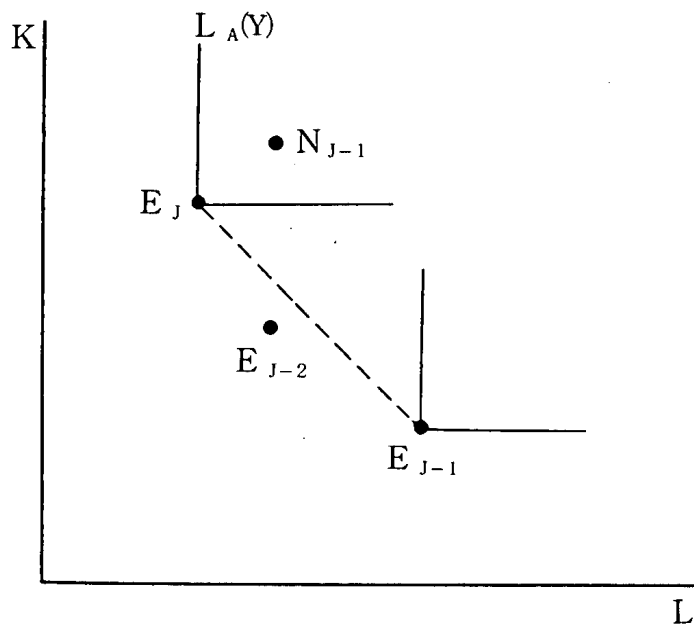
$$\sum_{d=i+1, J} \lambda_d = 1$$

の線形計画を1からJ-1番目までのJ-1個のデータについて解くことによつて行われる^{註11)}。もし(2)の最適値が $\mu_i > 1$ ($i = 1, \dots, J-1$)ならば、データは条件Aを満たす生産関数fにたいする効率的仮説に一致する。

(2)式の定式化について

図6-3 技術効率の定義

説明する(図6-3)。産出量水準は $E_J > E_{J-1} (= N_{J-1}) > E_{J-2}$ であると仮定する。最初にJ番目とJ-1番目のデータすなわち点 E_J および点 E_{J-1} で考える。点 E_J についての投入量集合は $L_A(Y)$ (Y)である。産出量水準が(1)のように順序づけされているので、 E_{J-1} が①から③の仮定を満たすな



(注) 産出量水準は $E_J > E_{J-1} (= N_{J-1}) > E_{J-2}$ 、 E_J 、 E_{J-1} 、 E_{J-2} は技術的に効率的なデータ、 N_{J-1} は非効率的なデータを想定している

らば $K_J \geq K_{J-1}$ または $L_J \geq L_{J-1}$ が成立しなければならない。しかも、 $\lambda_J = 1$ なので(2)の制約を満たすためにはすくなくとも $\mu_{J-1} > 1$ でなければならない。図6-3では $K_J > K_{J-1}$ かつ $L_J < L_{J-1}$ となっているため、 $\mu_{J-1} > 1$ となる^{註12)}。J-2番目以降のデータについては、凸結合 $K_{J-1} \cdot \lambda_{J-1} + K_J \cdot \lambda_J$ 、 $L_{J-1} \cdot \lambda_{J-1} + L_J \cdot \lambda_J$ と L_{J-2} 、 K_{J-2} との大小関係によつて上と同じ議論が繰り返される。

(イ) 経済効率

「費用最小化テスト」と呼ばれているこのテストは、分析対象のデータが仮定された生産関数の条件と与えられた要素価格のもとで、均衡条件を満たし費用を最小化しているか否かをテストするものである。ここではこのモデルを経済効率を分析するものとして用いる。

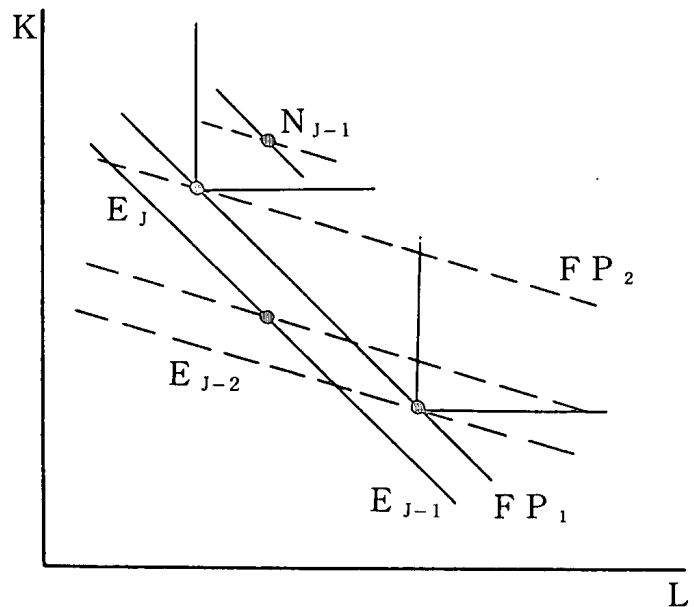
(ア)と同様に J 個のデータが K と L の 2 投入要素で 1 財 Y の産出を行っているものとする。 d 番目のデータの生産費用を C_d , K の価格を w_{dK} , 投入量を K_d , L の価格を w_{dL} , 投入量を L_d , 産出量を Y_d とする。データ $(C_d, w_{dK}, w_{dL}, K_d, L_d, Y_d)$ の集合 $(d = 1, \dots, i)$ が(ア)での条件 A を満足するある生産関数 f において費用最小化仮説と一致するか否かは(1)の順序づけのもとで、

$$\begin{aligned} C_1 &\leq w_{1K} \cdot K_i + w_{1L} \cdot L_i \\ C_2 &\leq w_{2K} \cdot K_i + w_{2L} \cdot L_i \\ &\dots\dots \\ C_i &\leq w_{iK} \cdot K_i + w_{iL} \cdot L_i \end{aligned} \tag{3}$$

が不等号条件を満たすか否かを 2 から J 番目までの $J-1$ 個のデータについて吟味することによって行われる。不等式を満たさないデータは条件 A を満足するある生産関数 f における費用最小化仮説と一致しない。

(3)式について説明する(図 6-4)。3 点 E_J , E_{J-1} , E_{J-2} について考え

図 6-4 経済効率の定義



(注) 産出量水準は $E_J > E_{J-1} (= N_{J-1}) > E_{J-2}$, FP_1 , FP_2 は要素価格比率を表す。要素価格比率が FP_1 , E_{J-1} , E_{J-2} は効率的であるが、 FP_2 のときは E_{J-2} が非効率的となる。 N_{J-1} は、いずれにしても非効率的である。

る。産出量水準は(ア)と同様に $E_J > E_{J-1} > E_{J-2}$ と仮定する。

要素価格比率が FP_1 に直面しているとき、

$w_{J-2K}/w_{J-2L} = w_{J-1K}/w_{J-1L} = w_{JK}/w_{JL}$ なので、図においては

$$C_{J-2} < w_{J-2K} \cdot K_J + w_{J-2L} \cdot L_J$$

$$C_{J-1} < w_{J-1K} \cdot K_J + w_{J-1L} \cdot L_J$$

$$C_J = w_{JK} \cdot K_J + w_{JL} \cdot L_J$$

となり(3)式を満たし、3点の集合は効率的である。

しかし、要素価格比率が FP_2 に直面しているとき、図において E_{J-1} について

$$C_{J-2} > w_{J-2K} \cdot K_{J-1} + w_{J-2L} \cdot L_{J-1}$$

$$C_{J-1} = w_{J-1K} \cdot K_{J-1} + w_{J-1L} \cdot L_{J-1}$$

となり(3)式を満たさなくなる。したがって、このとき E_{J-2} は費用最小化仮説と一致しないとみなされる。このように、 E_{J-2} のように、より小さな産出量水準にあるデータが、 E_{J-1} のような、より大きな産出量水準にあるデータの投入量水準で生産したとき、 E_{J-2} の生産費用がかえって小さくなる場合には(3)の不等式は満たさない。このとき、 E_{J-2} は、現在の生産費用よりもより小さな生産費用で、しかも産出量水準をより多くして生産を行う可能性があるという意味で費用最小化仮説と一致しないと判断される。

E_{J-2} は(ア)では技術的に効率的であったが、要素価格の均衡条件を満たさず経済的に非効率的になっている。 N_{J-2} は要素価格比率が FP_1 , FP_2 のどの場合でも非効率的である。このように技術的に効率的であっても経済的に非効率的な場合があり、また技術的に非効率的ならば必ず経済的には非効率的となる。

(ア)、(イ)の両テストはともに生産関数について①、②、③の仮定がなされている。例えば(イ)において、要素平面においてデータのつくる集合が凸集合であれば、生産関数上での規模の経済性の存在は容認される。また FP_1 と FP_2 との差異で経済非効率が生じるように、要素価格の影響のみで経済効率が決

定されている。このことは同じ生産関数に対する仮定のもとで、技術効率と経済効率とが明確に区別されることを示す。

(ウ) 経済非効率の要因分解

ここでは、経済非効率の要因を明らかにするため、次のようなモデルを新たに考案した。

(イ)のテストにおいて不等式(3)が成立しない場合、どの費目によって引き起こされているのかを以下の式のように分解する。

i 番目のデータが d 番目のデータに対して不等式(3)を満たさないとき、

$$(w_{dk} \cdot K_d - w_{dk} \cdot K_i) + (w_{dl} \cdot L_d - w_{dl} \cdot L_i) = D > 0$$

となる。

もし、

$$(w_{dk} \cdot K_d - w_{dk} \cdot K_i) > 0$$

$$(w_{dk} \cdot L_d - w_{dl} \cdot L_i) \leq 0 \quad \text{ならば}$$

d データは K 投入について経済非効率の要因が生じていると判断する。

このような不等式(3)を満たさない d 番目のデータが複数存在する場合、不等式(3)の差 D が最大となるデータによって経済非効率を分析する。

以上のモデルは生産構造に対する仮定が少ない点、技術効率と経済効率とを区別して分析可能な点、非効率性の要因が把握できる点等で優れており、さらに個々のデータについての効率性が把握できる点も加えて第 6 章での分析目的に適しているといえる。しかし、価格、投入量のデータの作成如何により分析結果が不安定になりやすい点、費用の割合の大きなものに非効率性の要因が表れやすい点等の欠点も同時に兼ね備えている。

2. 価格・数量データの作成と乳量増加農家の効率性の分析方法

投入要素は分析目的の範囲内で、費用の大きさに片寄りをなくすることを念頭において、配合飼料、穀物・牧草購入飼料、生乾草自給飼料、エンシレー

ジ、乳牛、機械建物、労働、土地の8投入要素とした。

はじめに、自給飼料についてはその費用価をもって価格とした^{#13)}。その際、牧草関係の固定資本の償却費は費用価に含めた^{#14)}。自給飼料については穀物・牧草購入飼料、生乾草自給飼料、エンシレージの三つの投入要素をとりあげた。三つの分類に含まれる個々の飼料の使用価額を使用数量で除して価格とし、使用価額の割合をウェイトとして加重平均を行い、三つの価格を作成した。投入量については同様に使用数量について、使用価額の割合をウェイトとして加重平均を行い、三つの投入量を作成した。

配合飼料については、成畜用配合飼料の使用数量を投入量、成畜用配合飼料の価額を使用数量で除したものを価格とした。

乳牛資本は乳牛の減価償却費を乳牛資本費、換算頭数を乳牛の投入量とし、価格は減価償却費を頭数で除して求めた。

機械建物は農機具と建物の減価償却を機械建物費とし、その価格としては農機具価格指数、建築資材価格指数から、それぞれの費用の割合をウェイトとし、機械建物価格を作成した。投入量は機械建物費を機械建物価格で除してもとめた^{#15)}。

労働は女子労働時間に0.8を乗じて男子労働時間に加え投入量とし、価格は労働費を投入量で除して求めた。

土地については飼料作物の栽培面積を土地とし、価格を地代とした。

産出量は乳脂率3.2%換算乳量を用いた。

以上のデータを作成した上で分析手順について述べると、最初に毎年15戸の酪農家について技術効率、経済効率を分析し、非効率性が生じるならば、経済効率についてその要因を明らかにする。つぎに効率的農家、非効率的農家に分類し、非効率性の要因を固定資本投入面から検討することとする。

3. 効率性の分析結果と乳量増加との関係

(1) 技術効率の分析結果

表 6 - 2 技術効率および経済効率の分析結果

年	技術効率(戸)		経済効率(戸)		非効率性 金額(円)
	効率的	非効率的	効率的	非効率的	
54	15	0	9	6	1,392,382
55	15	0	11	4	1,702,633
56	15	0	11	4	1,609,321
57	15	0	10	5	1,993,135

注) 金額は(4)式のDであり、非効率性の程度を金額で表したものである。

表 6 - 2 に技術効率の分析結果を示した。技術効率については、毎年 15 戸全体が効率的と分析され、投入における過大性はなかった。

分析対象の酪農家は、規模や地域などにばらつきがある。従って、酪農家の生乳生産技術の個別性が、フレキシブルな生産関数によってトレースされたということを結果は示しているものである。

(2)経済効率の分析結果

同じく表 6 - 2 に経済効率の分析結果を示した。経済効率については、毎年約 3 分の 1 の酪農家が非効率的であった。またその差 (D) は 139 万円から 199 万円である。これは分析に用いた費用合計の約 15% を占める大きさであり、また生乳 1 kg に換算して約 10 円である。また、要因分解の結果を表 6 - 3 に示した。要因分解の結果については、各年とも生牧草、エンシレージ等の投入要素について、非効率性の寄与する程度が大きい。技術効率は効

表 6 - 3 経済非効率の要因分解

(%)

年	配合	購入牧草	生乾草	エンシレージ	乳牛	機械建物	労働	土地
54	11.90	4.54	20.97	26.92	6.96	4.43	17.10	7.19
55	16.94	-11.35	25.61	53.82	-2.62	-0.26	12.39	5.48
56	-2.64	2.64	9.99	83.53	3.16	-4.20	-3.85	11.38
57	-4.65	3.07	34.47	33.41	-1.43	6.26	19.81	9.07

注) (4)式による経済非効率についての要因分解の結果である。
個々の投入の非経済性の大きさを全体の大きさ(D)で除して寄与率で示した。
プラスで値の大きいものほど、非効率性の要因と判断される。

率的と分析されたため、経済非効率の要因はモデル上では価格にある。すなわち、飼料生産部門での費用の大きさが非効率性の要因と判断される。ここに、飼料生産部門の非効率性の存在と乳量増加との並存が確認された。

次に、飼料生産部門での経済非効率の発生要因として固定資本投入がどの程度影響しているのかを、生産費用に占める固定資本の費用割合から判断する。経済非効率となった酪農家のうち、昭和54年から昭和57年までの間、2年以上経済非効率的となった5戸について、残りの10戸の酪農家と固定資本投入状況を比較した。その結果が表6-4である。

表6-4 経済効率的農家と経済非効率的農家との比較(昭和54年～昭和57年)

	経済効率的農家				経済非効率的農家			
	54年	55年	56年	57年	54年	55年	56年	57年
生牧草固定財費費用 割合 (%) 2)	10.41 (0.78)	7.11 (0.71)	11.94 (1.11)	9.53 (1.15)	13.28	9.99	10.80	8.26
乾牧草固定財費費用 割合 (%) 2)	48.90 (0.90)	53.93 (1.21)	54.91 (0.95)	52.83 (0.93)	54.07	44.67	57.96	56.73
エンシレージ固定財費 費用割合 (%) 2)	42.13 (0.89)	43.69 (0.97)	39.73 (0.78)	40.10 (0.84)	47.13	45.27	50.70	47.51
飼料作物固定財費費用 割合 (%) 2)	44.53 (0.93)	48.23 (0.99)	48.57 (0.96)	46.91 (0.94)	48.06	48.59	50.74	49.86
1頭当配合飼料投入量 (kg)	1,361 (1.24)	1,210 (1.12)	1,219 (1.18)	1,193 (1.22)	1,102	1,078	1,029	977
1頭当購入牧草投入量 (kg)	457 (1.35)	332 (1.09)	276 (1.27)	295 (0.99)	339	305	216	298
1頭当乳牛価格 (円)	434,424 (1.11)	466,904 (1.08)	478,627 (1.12)	497,498 (1.13)	391,196	431,070	428,091	439,702

注1) 乳量増加農家の比較である。

2) 飼料作物の費用価に占める固定財費(飼料部門の建物、農機具、永年牧草)の割合。

3) () 内は経済効率的農家/経済非効率的農家。

固定財費の飼料作物費用価に占める割合は、飼料作物全体とくにエンシレージについて経済非効率的農家が高い。エンシレージは経済非効率の要因分解の結果の中で大きな位置をしめていた。従って、経済非効率の要因は飼料生産部門全体、特にエンシレージの生産にあるといえる。このことは、自給飼料中心型では、生産の効率性に疑問があることを示唆している。

「自給飼料中心型」に代替する生産構造として「購入飼料中心型」を想定し、経済非効率との関係を明らかにするために、表6-4に1頭当りの配合

飼料と購入牧草の投入量と乳牛価格とを加えた。すると、経済効率的農家は購入飼料の投入量は多く、しかも乳牛価格は高くなっている。

概して、相対的に経済非効率的農家は自給飼料生産に力を入れており、経済効率的農家は配合飼料にたよりながら、質的に高い乳牛を用いて生産を行っているという姿が描き出された。

両者は代替的生産構造ではあるが、分析期間においては飼料生産部門に固定資本投入の大きな酪農家において飼料作物（エンシレージ）の生産費用の増加を主たる要因として経済非効率が発生している。購入飼料に依存している酪農家が経済効率的なのは、要素価格の変化に弾力的に対応できるため、均衡への調整速度が早いことによると思われる。乳牛の質の高さはそれを支持するものとして評価されよう。乳牛改良が生産の効率性をも規定する重要な意義を持っているといえる。

第 4 節 経済的効率性と乳牛改良

乳量の継続増加農家の特徴を捉える本分析を通して、その高い乳量水準への逐年的接近が、平均費用低下、収益性の向上の原因となっていることが明らかになった。乳量増加農家の投入、価格（費用）についての効率性の分析からは、乳量増加と生乳生産の非効率性が併存している酪農家が存在することが明らかになった。その非効率性の要因が飼料生産の過大費用にあることがモデルから実証され、それは飼料生産部門の固定資本投入の大きさに起因することが明らかになった。

すなわち自給飼料中心で乳量を増加させた酪農家に「経済的な非効率性」が発生しているのである。一方、購入飼料中心で質的に高い乳牛を用いることにより乳量を増加させた酪農家は「経済的に効率的」であった。後者は、乳牛の質の高さを背景として、要素価格変化に弾力的に対応できるため、均衡への調整速度が早いものと思われる。ここに乳牛改良の重要性がみられる。

1頭当り乳量増加は平均費用を低下させる効果があることを考えると、分析対象農家は追加投資の回収のためにkg当り乳価の向上にたよらず、もっぱら1頭当り乳量増加による産出量の調整をおこなったものと思われる。第6章で分析した時期は、計画生産・乳価据置という過酷な時期であった。自給飼料生産はその費用価が生乳生産費において約3割を占め、まさに土地利用型酪農の特徴をかたち作るものである。飼料生産部門での非効率性は当然経営の内部で解決すべき問題であるが、非効率性を温存したまま生産を続けざるを得ない状況にあったのである。北海道酪農の投資は産出量規模の拡大をめざしたものであったが、直面する乳価据置に対しては、投入量水準の最適性への調整を1頭当り乳量の増加にたよりはじめたものと思われる。しかし、非効率性の解決を1頭当り乳量の変化によるだけで解決しえたとしても、乳価の向上がなければ利潤の絶対的大きさは過小評価となっているかもしれない。

[脚注]

- 1) 中原(1985)は北海道酪農の規模拡大が自己資本の蓄積によるものではなかったために、乳価据置と計画生産により規模拡大との矛盾を拡大させ、負債問題が激発すると指摘している。また、宇佐美(1983)は草地酪農地域は70年代末には経営の内包的拡大の方向を追求しはじめていたが、今日の政策状況はその多くの経営を破綻させる可能性をもってると指摘している。
- 2) 資本のストックからフローへの推計法については李(1979)に詳しい。
- 3) 固定資本として土地を含めるならば、当然土地に対する投資を取り上げなければならない。しかし、土地の固定資本としての評価は本論を逸脱する分析になる。従って、土地については費用の計上の際に含める程度でその評価をとどめておく。
- 4) 牧草、青刈作物等の高水分の飼料を発酵により貯蔵することをエンシレージといい、生産物をサイレージというが、ここでは農水省「畜産物生産費調査」に記載されているエンシレージという用語をそのままもちいる。
- 5) 大塚(1985)は酪農の供給関数の計測により、計画生産以降は供給量調整は短期的な価格政策に反応して、主に乳量の調整で行われたと指摘している。

- 6) 「畜産物生産費調査」の平均農家の数字には乳量増加農家の 15 戸も含まれるが、その分を分離することは困難なためそのまま用いた。
- 7) 昭和 53 年から昭和 56 年までは配合飼料価格は急激な上昇をみせ、乳牛用 20 kg の名目価格で約 30% 上昇している。
- 8) 「畜産物生産費調査」によれば乳牛の価格は取得評価額である。それは年齢、血統、体型、資質、泌乳能力、産子能力などを参考にし、その地方における家畜市場の取引価格または実際の売買価格等も合わせて評価されている。
- 9) Fare, Grosskopf and Lovell (1985) では三つに分けられているが、パラメトリックとノンパラメトリックという視点からここでは二つに分けた。
- 10) 奥野・鈴木 (1985) pp. 53 参照のこと。
- 11) J 番目のデータについては効率的であると仮定されている。

なお、ここでは計算機のプログラムの都合上、Diewert and Parkan (1982) に従った以下の双対問題を用いて効率性の分析を行った。両問題の最適解が一致することは確かめられている。

$$\begin{aligned}
 \max \quad & \alpha_i \\
 \text{sub} \quad & w_{iK} \cdot K_i + w_{iL} \cdot L_i \leq 1 \\
 & \alpha_i \leq w_{iK} \cdot K_{i+1} + w_{iL} \cdot L_{i+1} \\
 & \alpha_i \leq w_{iK} \cdot K_{i+1} + w_{iL} \cdot L_{i+2} \\
 & \dots\dots \\
 & \alpha_i \leq w_{iK} \cdot K_J + w_{iL} \cdot L_J
 \end{aligned}$$

- 12) 点 E_{J-1} のように $K_J > K_{J-1}$ かつ $L_J < L_{J-1}$ のとき、 $K_J \leq K_{J-1} \cdot \mu_{J-1}$ かつ $L_J \leq L_{J-1} \cdot \mu_{J-1}$ が成り立つためには $\mu_{J-1} > 1$ でなければならない。 $K_J < K_{J-1}$ かつ $L_J > L_{J-1}$ および $K_J > K_{J-1}$ かつ $L_J > L_{J-1}$ の両者についても同様である。しかし、点 N_{J-1} のように仮定①, ②, ③を満たさず $K_J < K_{J-1}$ かつ $L_J < L_{J-1}$ となっているときは、 $K_J \leq K_{J-1} \cdot \mu_{J-1}$ かつ $L_J \leq L_{J-1} \cdot \mu_{J-1}$ が成り立つための μ_{J-1} の最小値は $\mu_{J-1} < 1$ となる。つまりこのとき仮定は成立しないとみなされる。
- 13) 飼料作物の経営経済的評価法については堀尾 (1984) に詳しい。
- 14) その際、償却費については、その減価過程にどのような仮定をおいても固定資本の増額はフローの増額となって表れる。そのため、農林省の採用している定額法をそのまま踏襲する。
- 15) 搾乳部門の機械、農機具についてのフローの評価は、他の固定資本投入とは異なっている。作成された価格をフロー価格として評価することには議論の余地があるが、物量タームでの搾乳部門の資本投入量の把握が困難である以上やむを得ない。

第7章 家畜市場での初妊牛における乳牛の価格形成要因

第1節 乳牛市場における初妊牛価格の意義

北海道の酪農家の粗収益に占める個体販売の割合は、「北海道農林水産統計年報（農家経済編）」（経営組織別にみた農家経済）によると、25.5%（昭和52年）、24.8%（昭和57年）、30.7%（昭和63年）であり、おおよそ2.5割から3割の間で推移している^{註1)}。この大きさは、乳牛の個体販売により得た収益が酪農家全体の収入を補充するものとして、決して無視することはできないことを示している。

個体販売に関わる市場は、乳牛市場と肉牛市場であるが、乳牛の導入の際に直面する市場は、乳牛市場である。昭和59年の「畜産統計」によれば、経産牛の更新頭数のうち北海道で11%が、都府県で44%が外部からの導入牛でまかなわれている。外部導入頭数の割合が多い都府県では、導入牛のうち63%までが北海道から乳牛を導入している。さらに、外部からの導入牛の種類をみると、種付前の若牛は北海道11.6%・都府県4.7%であり、初産のはらみ牛は北海道69.2%・都府県67.7%、経産牛は北海道19.2%・都府県27.6%である。このように、外部からの導入牛については北海道、都府県両者ともに初妊牛が中心となっている。

酪農家にとって初妊牛導入の意義を述べてみると、すでに妊娠しているという事実は、その牛の受胎能力に問題がないことを示している点、すぐに分娩して搾乳できるので、飼養管理費用が種付前の育成牛等に比べると節約することができる点、導入した初妊牛の子牛が得られる点等で有利である。しかし、導入された初妊牛の産乳能力は不明確であり、購入価格に相応した能力であるかが問題となる。

一方、供給する側では、乳牛の市場取引価格は、12ヶ月齢以下で25万4千

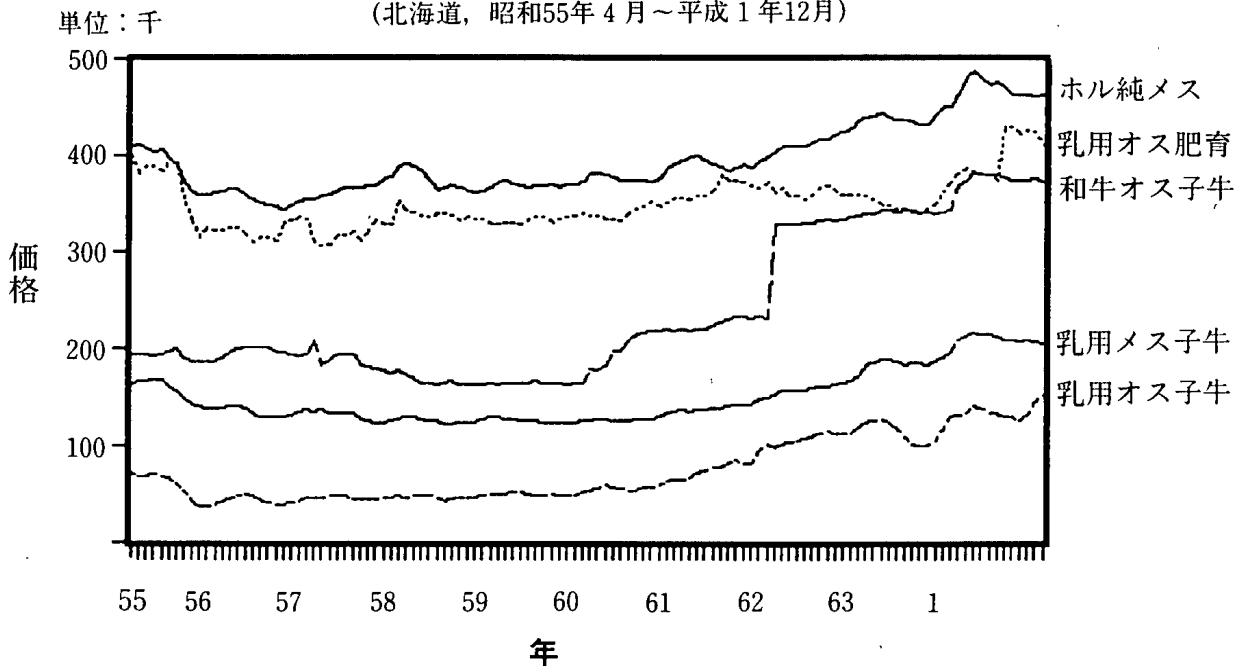
円、初妊牛（ホル種）で 44 万 2 千円、経産牛で 34 万 8 千円である（平成 2 年 1 月の北海道ホルスタイン家畜市場，早来町，成立 430 頭）。初妊牛の市場取引価格は育成牛に比し約 1.8 倍，経産牛に比し約 1.3 倍である。初妊牛を販売することによって，育成牛や経産牛よりも，一層大きな収益を得られる。しかし，ここでも，初妊牛の産乳能力は不明確であり，販売価格との兼ね合いが問題となる。

そこで，当該初妊牛に関する種々の情報から，初妊牛の産乳能力を推測することにより市場取引価格を決定せざるを得ない。一般的には，外貌，血統（父牛）や母・祖母等の母方の産乳能力等をもとにして，産乳能力，耐久性，性格，搾乳の難易性等の搾乳に関わる諸能力が推測される。また，個体の月齢と妊娠日数との両者により，成長度合と受胎能力の判断材料になり，市場取引価格に影響するであろう。

価格の推移については図 7-1 に示した。ホル純メスや乳用種メス子牛の価格は，和牛オス子牛，乳用オス子牛の価格と同様の動きを示している。また，乳用オス肥育牛は昭和 61 年半ばから 63 年半ばを除けば，大きな変動はみられない。生乳生産における生産要素価格である乳牛価格に，肉牛市場の動向が反映されているのである。末端の乳価や枝肉価格の変動が，肉牛市場と乳牛市場との間に数量調整を引き起こしたので，価格が似たような動きを見せたものと思われる。示された価格の推移は，乳牛市場において相場として乳牛価格に影響を与えるが，個々の乳牛価格と産乳能力との関係を損なうほどのものではない。

このように，初妊牛の産乳能力が不明確でありながらも，様々な要因により市場取引価格が決定されている。ここで，初妊牛を供給する側からすると，乳牛市場においては，乳牛の生産物としての側面が評価されていることになる^{註2)}。産乳能力がすでに知られ，しかも飼養管理の影響も能力に加味されている経産牛とは異なり，産乳能力の不明確な初妊牛に対する評価は，乳牛のもつ産乳能力のみを推測しようとする行動の現れである。すなわち，初妊牛

図7-1 乳牛・肉牛価格の推移
(北海道, 昭和55年4月~平成1年12月)



資料) 農林水産省北海道統計事務所「北海道農林水産統計年報」

注1) ホル純メスとは、ホルスタイン種純粋メス1頭当り価格。

2) 乳用オス肥育とは、17~20ヵ月であり、グラフ作成の都合上、500kg単位で換算。

3) 乳用メス子牛とは、ホルスタイン種純粋メス6ヶ月程度1頭当り価格。

4) 乳用オス子牛とは、オス生後7日程度1頭当り価格。

5) 和牛オスは、グラフ作成の都合上、500kg単位で換算。昭和57年4月までは生後7ヵ月程度、昭和62年4月からは生後10ヵ月程度である。

の産乳能力のみにより市場取引価格が決定されるならば、初妊牛価格とは、初妊牛を供給する酪農家による乳牛改良の成果の評価であると考えられる。しかも市場取引価格を通じて、収益の大ききまでを決定するので、乳牛改良を通じて、市場取引価格を高めようとする経済的インセンティブが働くであろう。

そこで、第7章では産乳能力の不明確な初妊牛を対象に、その市場取引価格の形成要因を明らかにすることにより、乳牛改良により得られた生産物としての乳牛資本の評価について考察する。

はじめに、酪農家の初妊牛の売買の条件において、乳牛の産乳能力が占める位置づけを述べる。次に、市場取引価格の形成要因として、産乳能力、成長度合に関するものに限定し、初妊牛の市場取引価格の形成に関わる諸要因

と市場取引価格とのクロス集計を行う。最後に、それらの要因について数量化 I 類分析を行うことにより、種々の市場取引価格の形成要因に総合的に明らかにする。

分析対象は、北海道の道央において中核的な家畜市場である北海道ホルスタイン家畜市場（早来町）で取り引きされた初妊牛とする。乳牛の売買は庭先取引と家畜市場での取引とによって行われる。後者の家畜市場で行われる場合は、競争的な「せり」が行われ、しかも、市場名簿を通じて初妊牛の産乳能力の推測に必要な血統等の情報を利用できる場合が多い。そこでここでは家畜市場での初妊牛を分析対象とする。

第 2 節 酪農家の初妊牛の売買条件

1. 酪農家の後継牛の導入理由

酪農家が、乳牛改良により、良質の初妊牛を供給した時、需要する側において、生乳生産に貢献するような乳牛を必要とするならば、市場取引価格に産乳能力は反映されやすいものと考えられる。そこで、本節では、酪農家の実際の初妊牛の売買条件を明らかにする。ここでは、北海道の酪農地帯に属する大樹町の酪農家を対象としたアンケート調査^{※3)}にもとづき、後継牛を外部から導入した理由ならびに初妊牛の売買条件について述べる。

表 7-1 は、後継牛を外部から購入した理由を、重要なものから順番に 3 つ選んだものを集計した結果である。

第 1 位について、「改良基礎牛にするため」が 34.7%、「経産牛が事故・病気で減少したため」が 26.7%、「規模を拡大するため」が 15.8%となる。第 2 位では、「経産牛が事故・病気で減少したため」と「牛群の乳量を高めるため」が 2 割以上であり、その他「規模を拡大するため」、「乳質を高めるため」の順になっている。第 3 位は、「乳質を高めるため」と「牛群の乳量を高めるため」が 2 割以上を占め、「体型を良くするため」、「経産牛が事故・病気で減

表7-1 外部から後継牛を購入した理由 (大樹町)

(単位：戸、%)

	改良基礎牛	規模拡大のため	経産牛が事故で減少した	牛群を高める乳量	乳質を高める	体型を良くする	系統がよい	出荷牧場が良い	その他
第1位の理由 (構成比 %)	35 34.7	16 15.8	27 26.7	8 7.9	5 5.0		5 5.0		5 5.0
第2位の理由 (構成比 %)	8 9.3	17 19.8	22 25.6	20 23.3	10 11.6	5 5.8	4 4.7		
第3位の理由 (構成比 %)	6 7.9	5 6.6	8 10.5	16 21.6	20 26.3	12 15.8	5 6.6	3 3.9	1 1.3

注1) 回答戸数は、第1位、第2位、第3位の順にそれぞれ101戸、86戸、76戸である。

少ししたため」と続いてくる。

第1位に重要な理由は、1つに改良基礎牛の確保、規模拡大のような投資的な理由であり、2つにはアクシデントである。第2位、第3位になるにしたがって、乳量、乳質の向上のような、乳牛の産乳能力に関わる理由が大きな割合を占めてくる。外部から購入される乳牛は、前節で述べたとうり必ずしも初妊牛には限らないが、購入の目的として、乳牛の産乳能力の向上をめざしているといえる。

2. 酪農家の初妊牛の売買条件

次に、同じく調査結果から、初妊牛の売買においてどのような条件が重要になるのかをみってみる。はじめに、購入の場合について表7-2の左欄に示した。その第1位の条件は「体型一般」と「乳器の形状」の両者がほぼ同数であり、約6割を占めている。第2位の条件は「乳器の形状」と「父牛の名号」、「母牛の乳量」がそれぞれ2割を占め、「母牛の乳脂肪率」も割合が大きい。第3位の条件は、「分娩予定月」と「父牛の名号」がそれぞれ2割を占め、他に「母牛の乳量」もみられる。

初妊牛の購入においては、外貌が重要となり、次に乳量等の収益性に関連

表 7 - 2 酪農家の初妊牛の売買の条件 (大樹町)

(単位: 戸、%)

	購 入 条 件						売 却 条 件					
	第 1 位		第 2 位		第 3 位		第 1 位		第 2 位		第 3 位	
回答数計	103	100.0	93	100.0	92	100.0	142	100.0	130	100.0	127	100.0
体型一般	33	32.0	6	6.5	4	4.3	56	39.4	14	10.8	18	14.2
乳器の形状	30	29.1	24	25.8	6	6.5	24	16.9	47	36.2	11	8.7
父牛の名号	9	8.7	20	21.5	18	19.6	19	13.4	14	10.8	31	24.4
祖父牛の名号	1	1.0	2	2.2	2	2.2	1	0.7	2	1.5	1	0.8
母牛の乳量	4	3.9	20	21.5	10	10.9	21	14.8	16	12.3	16	12.6
祖母牛の乳量	1	1.0	1	1.1	2	2.2			1	0.8	2	1.6
母牛の乳脂肪率	5	4.9	11	11.8	6	6.5	1	0.7	5	3.8	6	4.7
祖母牛の乳脂肪率			2	2.2	3	3.3					3	2.4
母牛の無脂固形分率	4	3.9			8	8.7	4	2.8				
祖母牛の全体評価	1	1.0	2	2.2	3	3.3			2	1.5		
母牛の体型・得点					4	4.3			3	2.3	1	0.8
祖母牛の体型・得点					1	1.1					1	0.8
出荷牧場												
妊娠月齢	3	2.9	2	2.2	2	2.2	4	2.8	9	6.9	6	4.7
分娩予定月	6	5.8	3	3.2	19	20.7	9	6.3	16	12.3	30	23.6
その他	6	5.8			4	4.3	3	2.1	1	0.8	1	0.8

するものが現れ、最後に産乳能力の季節性と乳価の季節性および現金収入の計画性を反映している分娩の予定月が重要となってきた。外貌は、産乳能力のみならず、耐久性、性格等の種々の能力の判断材料となる。

次に、売却の場合の条件について、表 7 - 2 の右欄に示した。その第 1 位の条件としては「体型一般」が約 4 割を占め、「乳器の形状」、「母牛の乳量」、「父牛の名号」があとに続く。第 2 位の条件としては「乳器の形状」が約 4 割を占め、第 3 位の条件は、「父牛の名号」と「分娩予定月」が 2 割以上を占めている。外貌が第 1 位に重要であり、遺伝的要素、分娩予定月の順序になっている。しかも、購入の場合と同じ順序を示している。

このように、初妊牛の売買の条件は、需給両者間でほぼ同一であり、しかも産乳能力を優先した条件となっている。このことは、乳価・肉牛市場の動向のような他の条件を一定とすると、市場取引価格は酪農家間では安定的に

決定され、市場取引価格の格差は産乳能力から説明ができることを示している。

第3節 分析対象と価格形成要因の選択

1. 分析対象家畜市場の位置づけ

表7-3に北海道内の主な家畜市場における乳牛の取引頭数を掲げた。昭和62年で北海道内の家畜市場において取り引きされた乳牛は、242,908頭である。そのうち北海道ホルスタイン家畜市場は9.9%の24,097頭が取り引きされている。北海道内では5番目に大きな市場である。また、道東や道北にはそれぞれの代表的な家畜市場があるため、北海道ホルスタイン家畜市場で取り引きされる乳牛は、道央および道南の酪農家から出場するものが多いと考えられる。

北海道ホルスタイン家畜市場においては、毎週火曜日に行われている「定期家畜市場」と、月に1回程度の「特別セール」の2種類が開催されている。

表7-3 家畜市場別の乳用種取引頭数 (昭和62年)
(単位：頭、%)

家畜市場名	取引頭数(頭)	取引頭数(%)
北海道家畜市場全取引頭数	242,908	(100.0)
十勝中央家畜市場	32,908	(13.5)
北見集散地家畜市場	32,657	(13.4)
根室集産地家畜市場	30,246	(12.5)
十勝集散地家畜市場	25,640	(10.6)
北海道ホルスタイン家畜市場	24,097	(9.9)
紋別集散地家畜市場	17,709	(7.3)
釧路圏集散地家畜市場	17,611	(7.3)
ホクレン北海道中央家畜市場	15,900	(6.5)
以上8市場合計	196,768	(81.0)
その他市場 (23市場)	46,140	(19.0)

資料) 北海道農務部「家畜市場の取引実績調査表」

注) 北海道における家畜市場は昭和62年度で31市場である。

分析対象は「特別セール」のなかで、乳牛を対象とした市場であり、かつ毎年6月に開催される「パブリックセール」と11月に開催される「セントラルセール」である。この2市場は、特に初妊牛が多く出場して取引が行われている。また、その市場名簿には、初妊牛の産乳能力の推測に関わる出場初妊牛の母・祖母・曾祖母の乳牛検定による成績が3代そろって記載されている場合が多く、初妊牛の市場取引価格の形成要因の分析には適した市場となっている。

一方、この2市場については道内外からの多数の買参人が参加するが、参加者の市場間での差はなく、出場する乳牛の優劣についても大きな差異はない。しかし、この2市場は「定期家畜市場」に比べると、比較的優良な乳牛が取り引きされている場合が多いと言われているが、乳牛が平均的に優良であっても市場取引価格の形成要因に偏りをもたらすことは少ないと思われる。

従って、分析には昭和61年11月から平成元年11月まで開催された「パブリックセール」の3回の市場と、「セントラルセール」の4回の市場との、合計7回分の市場を対象にした。

2. 分析対象牛と取り上げられた要因

分析に取り入れられた対象牛について述べる。はじめに、7回の市場に出場した乳牛は総計734頭である。その中から欠場した乳牛、受胎していない乳牛、受精卵移植牛を除いた。また、初妊牛を選択するために日齢が825日以上の乳牛を除いた^{※4)}。さらには、祖先の産乳能力が市場取引価格の決定に大きく関わるため、母・祖母・曾祖母の乳牛検定による成績が3代ともそろって記載されている乳牛を選び、最終的に176頭を分析対象牛にした。

次に、分析で用いられた諸要因は家畜市場の名簿に記載されているデータをもとにして以下のように作成した。

ア) 父牛：出場乳牛の父名号

イ) 体型得点：母・祖母・曾祖母の体型得点

ウ) 乳量：母・祖母・曾祖母の乳牛検定成績。

出場名簿においては、当該初妊牛の母・祖母・曾祖母の乳牛検定成績が2乳期にわたり記載されている場合があるが、ここでは2回分を単純平均した。その際、月齢や搾乳回数による個体差を「日本ホルスタイン登録協会能力標準化諸係数」により補正し、搾乳日数の個体差をDHIA (Dairy Herd Improvement Association) の補正係数を用いて補正し、成年型(6歳)搾乳日数305日2回搾乳型の乳量とした。

エ) 乳脂肪率：母・祖母・曾祖母の乳牛検定成績。

乳脂肪率算出の基となる乳脂肪量については、乳量の場合と同様に、2乳期分が掲載されているものは単純平均した。その際、成年型(6歳)搾乳日数305日2回搾乳型へ補正した乳脂肪量を、ウ)により補正された乳量で除すことにより乳脂肪率を求めた。

オ) 日齢：市場の開催日から出場乳牛の生年月日を差し引いた日数を日齢とした。

オ) 妊娠日数：市場の開催日から出場乳牛の受精月日を差し引いた日数を妊娠日数とした。

キ) 供用種雄牛：当該初妊牛に授精した種雄牛の名号。

日齢、妊娠日数、供用種雄牛を加えた理由を述べる。まず、個体の日齢と妊娠日数との両者は、成長度合と受胎能力の判断材料になりうる。また、牛群全体の改良基礎牛として初妊牛を導入する場合、その初妊牛から生まれた娘牛の高い産乳能力をも期待されるために、供用された種雄牛の能力もまた初妊牛の市場取引価格に関係してくるからである。

ク) 初妊牛の市場取引価格：初妊牛の実際の市場取引価格。

市場取引価格は、乳価、肉用牛価格の変化をはじめとした畜産部門をとりまく諸々の要因に影響されると考えられる。従って、乳価、肉用牛価格等の動向が反映されている農産物価格指数(畜産物)を用い、昭和63年6月の「パ

ブリックセール」を基準として、初妊牛の市場取引価格をデフレートした。

以上の要因は、第 2 節で分析された調査結果に基づいて取り上げた。第 2 節によると、産乳能力の他に分娩予定月も売買の条件として挙げられていたが、この条件は個体の能力を反映しているとはいえないので、分析には取り入れなかった。

第 4 節 初妊牛の市場取引価格の形成に関する要因の分析

1. 諸要因と初妊牛の市場取引価格とのクロス集計

(1) 産乳能力の推定に関わる諸要因と初妊牛の市場取引価格との関係

はじめに、父牛と初妊牛の市場取引価格との関係を見るために、それぞれの父牛毎の初妊牛の市場取引価格階層別の頭数分布と、平均市場取引価格とを作成したのが表 7-4 である。父牛については、同じ父牛を持つ初妊牛の中で、7 回の市場を通して 5 頭以上出場している初妊牛の父牛を 8 頭選択し（1 番から 8 番）、4 頭以下しか出場していないものは「その他」とした。なお、父牛は娘牛の市場取引価格の高くなる順に並べてある。

父牛毎の市場取引価格をみると、まず 4 頭以下しか出場していない「その他」の父牛の娘牛である初妊牛の市場取引価格は、176 頭全体の平均市場取引価格 57 万 8 千円に比べると 3 万円ほど安い。5 頭以上出場しているものなかで、平均市場取引価格よりも高い娘牛を出場させた父牛は、5 番（16 頭出場）・6 番（5 頭出場）・7 番（7 頭出場）・8 番（15 頭出場）である。すなわち、娘牛を多く出場させている父牛であっても必ずしも市場取引価格が高いとはいえない。

次に、娘牛の市場取引価格と父牛の娘牛に対する改良能力との関係を見るために、表 7-5 に精液価格、家畜改良事業団の「乳用種雄牛評価成績」から、経済効果、BVM (Breeding Value of Milk : 育種価乳量), BVF% (Breeding Value of Fat % : 育種価乳脂肪率), 決定得点の STA (Standar-

表7-4 主な父牛と初妊牛の市場取引価格との関係

(単位：頭、千円)

父/価格	-499	500-549	550-599	600-649	650-699	700-749	750-	頭数計	平均価格
父 牛	1	2	1	1	・	2	・	6	545
	2	3	3	1	・	・	1	8	560
	3	6	5	6	2	3	2	25	570
	4	・	5	3	3	・	1	12	572
	5	3	2	4	1	2	2	16	612
	6	・	1	2	1	・	1	5	615
	7	・	2	3	・	・	・	7	655
	8	1	2	2	4	1	1	15	699
その他	26	18	17	9	4	4	4	82	548
計	41	39	39	20	12	11	14	176	578

資料) 北海道ホルスタイン家畜市場名簿 (昭和61年11月-平成元年11月)

注1) 出場総頭数734頭のうち、分析対象牛176頭についてのクロス集計表である。

2) 1~8は5頭以上の初妊牛を出場させた父牛の番号を指し、初妊牛の市場取引価格の高くなる順に並べてある。その他は4頭以下のものである。なお、1~8の名号は以下の通りである。

- 1: オークヒルランチ キット
- 2: ウードバイン エレベーション ナイト ET
- 3: ロックリンマ エレベーション マリナー
- 4: ウードバイン エンペラー フタゴ
- 5: ブラウンデール サー クリストファー
- 6: タイロー ダイデイ エレベーション フタゴ
- 7: ジューエー アライアンス エース
- 8: パーワード プリンス バリエント

表7-5 主な父牛の能力と初妊牛の市場取引価格との関係

(単位：頭、千円、円、円、kg、%、点)

番号	頭数	平均価格	精液価格	経済効果(HPD)	BVM(HPM)	BVF%(HPDF%)	決定得点のSTA(HPDT)
1	6	545	5,000	(-8,788)	(-38)	(-0.08)	(1.29)
2	8	560	2,000	64,605(67,324)	1,614(689)	-0.15(0.03)	1.59
3	25	570	5,000	14,307(10,571)	306(153)	-0.08(-0.05)	3.45(0.76)
4	12	572	8,000	58,015(85,381)	1,742(1,175)	-0.57(-0.32)	0.45(0.14)
5	16	612	10,000	29,956(40,919)	820(520)	-0.14(-0.09)	2.91(0.74)
6	5	615	8,000	(57,631)	(587)	(0.03)	(0.51)
7	7	655	2,000	45,830(52,049)	855(445)	0.32(0.14)	1.85(0.76)
8	15	699	2,000	40,451(49,701)	752(438)	0.25(0.11)	1.46(0.39)

資料1) 北海道ホルスタイン家畜市場名簿 (昭和61年11月-平成元年11月)

2) 家畜改良事業団、北海道家畜改良事業団、十勝家畜人工授精所

「凍結精液価格表」(昭和60年-平成元年度)

3) 家畜改良事業団「乳用種雄牛評価成績」(昭和61年3月、平成元年5月)

注1) 1~8は5頭以上の初妊牛を出場させた父牛の番号を指す。初妊牛の市場取引価格の高くなる順に並べてある。名号は表7-4に同じ。

2) 頭数および平均価格は、それぞれ分析対象初妊牛の頭数と平均価格である。

3) HPD、HPM、HPDF%、HPDTは平成元年よりそれぞれ、経済効果、BVM、BVF%、決定得点のSTAで表示されている。

従って、()内は昭和61年3月時点での数値である。

dized Transmitting Ability : 標準化伝達能力) を掲げた。これらは、父牛によって、母牛の産乳能力よりも、娘牛の産乳能力がどの程度改良されるかを示す指標である。経済効果とは乳量、乳脂肪量、無脂固形分率の改良度をもとに、改良度合を乳代に換算したものである。また BVM, BVF%, 決定得点の STA とは、それぞれ乳量、乳脂肪率および体型得点の改良度合を示す指標である。

まず、4 番～6 番までの父牛の精液価格は 8 千円以上である。それらの娘牛の平均市場取引価格はそれぞれ 57 万 2 千円～61 万 5 千円である。しかし、7 番、8 番の精液価格は、4 番～6 番までの精液価格よりも安い、娘牛の市場取引価格については、より高くなっている。従って精液価格と娘牛の市場取引価格との相関関係はみられなかった。その他の経済効果、BVM, 決定得点の STA についても同様であった。

しかしながら、6 番～8 番までの BVF% の数値は、昭和 61 年時点での HPDF% とともに、娘牛に対してプラスの効果を与える能力をもつことを示している。すなわち、娘牛の乳成分が、より高い乳価を実現するような父牛であるほど、その娘牛の市場取引価格は高くなるのである。ここに、娘牛の市場取引価格と父牛の改良能力との相関関係が見いだされた。

次に、母・祖母・曾祖母の体型得点および産乳能力が、どの程度初妊牛の市場取引価格に反映するのかを表 7-6 から表 7-8 によって明らかにする。まず、表 7-6 は母・祖母・曾祖母毎の体型得点と初妊牛の市場取引価格との関係を表している。得点の大きさと初妊牛の市場取引価格の高さとが若干逆転しているものも見られるが、母・祖母・曾祖母ともに体型得点が高くなるほど、初妊牛の市場取引価格が高くなる場合がある。母方の代々の体型得点が高ければ、遺伝によりその娘牛の体型得点も高くなるので、初妊牛の市場取引価格が高くなることを示している。

一方、表 7-7 の母・祖母・曾祖母乳量と表 7-8 の母・祖母・曾祖母乳脂肪率について見ると、乳量、乳脂肪率と初妊牛の市場取引価格との関係が

表7-6 母、祖母、曾祖母の体型得点と初妊牛の市場取引価格との関係
(単位：頭、千円)

得点/価格	-499	500-549	550-599	600-649	650-699	700-749	750-	頭数計	平均価格	
母 得 点	-79.9	11	7	1	・	1	・	20	485	
	80.0-81.9	11	15	9	8	3	4	51	562	
	82.0-83.9	11	10	17	5	2	4	56	600	
	84.0-85.9	6	6	9	4	2	1	31	583	
	86.0-	2	1	3	3	4	2	3	18	650
	合計	41	39	39	20	12	11	14	176	578
祖 母 得 点	-79.9	9	8	5	2	1	・	1	26	529
	80.0-81.9	16	15	15	6	5	3	3	63	556
	82.0-83.9	7	8	7	5	1	4	2	34	585
	84.0-85.9	6	4	9	3	4	1	4	31	611
	86.0-	3	4	3	4	1	3	4	22	642
	合計	41	39	39	20	12	11	14	176	578
曾 祖 母 得 点	-79.9	14	9	9	3	3	2	4	44	565
	80.0-81.9	11	12	14	6	2	3	3	51	578
	82.0-83.9	8	12	10	・	5	4	1	40	568
	84.0-85.9	5	5	2	6	1	1	4	24	602
	86.0-	3	1	4	5	1	1	2	17	601
	合計	41	39	39	20	12	11	14	176	578

資料) 表7-4に同じ。

表7-7 母、祖母、曾祖母の乳量と初妊牛の市場取引価格との関係
(単位：頭、千円)

乳量(kg)/価格	-499	500-549	550-599	600-649	650-699	700-749	750-	頭数計	平均価格	
母 乳 量	-5999	1	3	1	・	・	・	5	512	
	6000-6999	12	6	1	・	・	・	19	484	
	7000-7999	12	11	9	6	3	4	7	52	596
	8000-8999	8	11	13	7	・	4	2	43	567
	9000-	8	8	15	12	9	3	5	57	606
	合計	41	39	39	25	12	11	14	176	578
祖 母 乳 量	-5999	・	・	1	1	・	・	2	587	
	6000-6999	5	7	9	5	1	・	25	540	
	7000-7999	13	8	11	7	8	5	3	55	592
	8000-8999	15	8	9	7	1	5	3	46	562
	9000-	8	16	9	5	2	1	8	48	596
	合計	41	39	39	25	12	11	14	176	578
曾 祖 母 乳 量	-5999	4	4	5	3	・	1	2	18	599
	6000-6999	9	5	7	3	3	1	3	30	569
	7000-7999	10	8	15	10	3	3	3	49	577
	8000-8999	10	13	5	3	1	6	1	39	559
	9000-	8	9	7	6	5	・	5	40	595
	合計	41	39	39	20	12	11	14	176	578

資料) 表7-4に同じ。

注) 乳量は6歳、305日、2回搾乳型に補正したものである。

表 7 - 8 母、祖母、曾祖母の乳脂肪率と初妊牛の市場取引価格との関係
(単位：頭、千円)

脂肪率(%)価格	-499	500-549	550-599	600-649	650-699	700-749	750-	頭数計	平均価格
母 脂 肪 率	-3.19	1	1	2	・	・	・	4	525
	3.20-3.49	4	5	15	5	3	3	37	591
	3.50-3.79	11	12	6	8	3	3	48	595
	3.80-4.09	14	8	10	5	3	3	44	544
	4.10-	11	13	6	2	3	2	43	588
	合 計	41	39	39	20	12	11	14	176
祖 母 脂 肪 率	-3.19	1	・	4	・	1	・	7	598
	3.20-3.49	5	6	7	3	2	・	25	565
	3.50-3.79	15	17	6	8	4	7	60	570
	3.80-4.09	14	12	14	4	3	1	49	552
	4.10-	6	4	8	5	2	3	35	633
	合 計	41	39	39	20	12	11	14	176
曾 祖 母 脂 肪 率	-3.19	1	・	・	・	1	・	2	553
	3.20-3.49	5	8	4	3	1	3	26	580
	3.50-3.79	17	9	9	7	4	3	56	590
	3.80-4.09	14	13	14	4	2	4	53	558
	4.10-	4	9	12	6	4	1	39	588
	合 計	41	39	39	20	12	11	14	176

資料) 表 7 - 4 に同じ。

注) 乳脂肪率は 6 歳、305 日、2 回搾乳型に補正したものを乳量で除して求めた。

若干逆転しているが、母・祖母・曾祖母の乳量および乳脂肪率が高くなるほど、初妊牛の市場取引価格は高くなる場合が見受けられる。

以上のように、母方の代々の乳量、乳脂肪率が高ければ、遺伝により娘牛についてもそれらが高いものとなるであろうと期待されるために市場取引価格が高くなる。すなわち、体型得点の場合と同様に、母方の遺伝が娘牛に反映して初妊牛の市場取引価格に影響しているといえる。

(2) 日齢、妊娠日数、供用種雄牛と初妊牛の市場取引価格との関係

まず、出場初妊牛の市場取引価格と日齢との関係を表 7 - 9 から見ると、660 日齢から 719 日齢 (約 22 ヶ月齢から約 24 ヶ月齢) の初妊牛が最も高い。

表 7-9 初妊牛日齢、妊娠日数と初妊牛の市場取引価格との関係

(単位：頭、千円)

日数/価格	-499	500-549	550-599	600-649	650-699	700-749	750-	頭数計	平均価格	
日 齢	-659	5	10	4	3	・	1	・	23	527
	660-719	12	13	15	5	4	5	7	61	597
	720-779	16	9	14	6	3	3	4	55	570
	780-	8	7	6	6	5	2	3	37	590
	合計	41	39	39	20	12	11	14	176	578
妊 娠 日 数	-149	3	8	4	3	1	・	1	20	561
	150-179	13	7	6	4	・	5	3	38	583
	180-219	10	12	20	7	5	1	3	58	572
	220-240	11	11	6	4	4	3	4	43	575
	240-	4	1	3	2	2	2	3	17	613
	合計	41	39	39	20	12	11	14	176	578

資料) 表 7-4 に同じ。

これは発育や授精の状況が正常であれば、多くの場合、この日齢程度に達するためであろう。

一方、妊娠日数についてはそれが長いほど、市場取引価格は高くなっている。分娩までの飼育費を考慮すれば、分娩時期が近いほど費用がかからずに済むことになる。すなわち導入後すぐに分娩するような初妊牛であるほど、市場取引価格は高くなることを反映している。このように初妊牛の産乳能力というよりも、第2節での、分娩予定月のような経済的理由により、市場取引価格が決まっている。

次に、導入した初妊牛が分娩後、産乳能力の高い娘牛を得るという目的で、初妊牛を購入する場合を想定して表 7-10 を作成した。父牛の場合と同様に、同じ供用種雄牛の娘牛を妊娠している初妊牛の中で、7回の市場を通して5頭以上出場している供用種雄牛を選択した。しかし、父牛の場合と同様、多く供用されている種雄牛については必ずしも市場取引価格が高いとはいえない。

次に、娘牛の市場取引価格と供用種雄牛の改良能力との関係を見るために、父牛の場合と同様に、精液価格、経済効果、BVM, BVF%, 決定得点の STA

表 7-10 主な供用種雄牛と初妊牛の市場取引価格との関係

(単位：頭、千円)

種雄牛/価格	-499	500-549	550-599	600-649	650-699	700-749	750-	頭数計	平均価格	
供 用 種 雄 牛	1	5	2	2	1	・	1	・	11	534
	2	6	5	2	2	1	2	・	18	538
	3	1	2	1	・	1	・	・	5	547
	4	2	1	1	・	・	・	1	5	573
	5	4	・	4	1	1	・	1	15	634
	6	2	5	2	2	・	・	4	11	589
	7	1	3	6	3	2	2	3	20	635
	その他	20	21	21	11	7	6	5	91	570
	合計	41	39	39	20	12	11	14	176	578

資料) 表 7-4 に同じ。

注 1) 出場総頭数734頭のうち、分析対象牛176頭についてのクロス集計表である。

2) 1~7は5頭以上の初妊牛に供用された種雄牛の番号を指し、その他は4頭以下のものである。

なお、1~7の名号は以下の通りである。

1: フィッシャーブレース マンディ ET

2: パーワード プリンズ バリエント

3: オームスピー ボールド ハーモニー

4: ボンド ヘイブン フーカ ET

5: ブラウンアール サー クリストファー

6: キングステッド バリエント ジャスティン

7: ジューエー アライアンス エース

表 7-11 主な供用種雄牛の能力と初妊牛の市場取引価格との関係

(単位：頭、千円、円、円、kg、%、点)

番号	頭数	平均価格	精液価格	経済効果(HPD)	BVM(HPM)	BVF%(HPDF%)	決定得点のSTA(HPDT)
1	11	534	1,000	55,849(73,523)	1,344(828)	-0.17(-0.06)	2.09(0.28)
2	18	538	2,000	40,451(49,701)	752(438)	0.25(0.11)	1.46(0.39)
3	5	547	400	14,243(7,763)	323(111)	-0.10(-0.04)	0.23(-0.51)
4	5	573	1,000				
5	11	589	10,000	29,956(40,919)	820(500)	-0.14(-0.09)	2.91(0.74)
6	15	634	1,000	67,664	1,119	0.57	1.40
7	20	635	2,000	45,830(52,049)	855(445)	0.32(0.14)	1.85(0.76)

資料) 表 7-5 に同じ。

注 1) 1~7は5頭以上の初妊牛に供用された種雄牛の番号を指す。初妊牛の市場取引価格の高くなる順に並べてある。名号は表 7-10 に同じ。

2) 頭数および平均価格は、それぞれ分析対象初妊牛の頭数と平均価格である。

3) HPD、HPM、HPDF%、HPDTは平成元年よりそれぞれ、経済効果、BVM、BVF%、決定得点のSTAで表示されている。

従って、() 内は昭和61年3月時点での数値である。

を表7-11に掲げた。父牛の場合と同様に精液価格、経済効果、BVMと初妊牛の市場取引価格との相関関係は見られなかった。しかしながら、2番と6番、7番はそのBVF%はプラスの値となっている。2番を除くと、当該初妊牛が分娩したその娘牛の乳成分が、より高い乳価を実現するような供用種雄牛が授精されているならば、初妊牛の市場取引価格は高くなる傾向が見られる。また、昭和61年時点での数値であるHPDTは、5番、6番について高い。当該初妊牛が分娩したその娘牛の体型が高くなるような供用種雄牛が授精されているならば、初妊牛の市場取引価格は高くなる傾向になっている。以上から、購買者が初妊牛を導入する際、その初妊牛の娘牛の産乳能力をも期待しているといえ、導入の目的を改良基礎牛としていることが伺える。

2. 数量化I類分析による初妊牛の市場取引価格の形成要因の分析

次に、初妊牛の市場取引価格の形成要因を明らかにするために、初妊牛の市場取引価格と相関関係が高くなっている要因を選択し、数量化I類分析を行った。この分析の目的は、家畜市場データをもとに、父牛、供用種雄牛や母・祖母・曾祖母のそれぞれの体型得点・乳量・乳脂肪率や妊娠日数等が及ぼす市場取引価格に対する総合的な関係を明らかにすることである。かつ、父牛や供用種雄牛は離散値、母・祖母・曾祖母のそれぞれの体型得点・乳量・乳脂肪率や妊娠日数等を連続値である。それらを同一水準の変数として扱うには、連続値をすべて離散値に変換して分析できる数量化分析を援用することが適していると思われる。また、被説明変数は市場取引価格であり、それは連続値である。そこでここでは数量化I類分析を用いた。

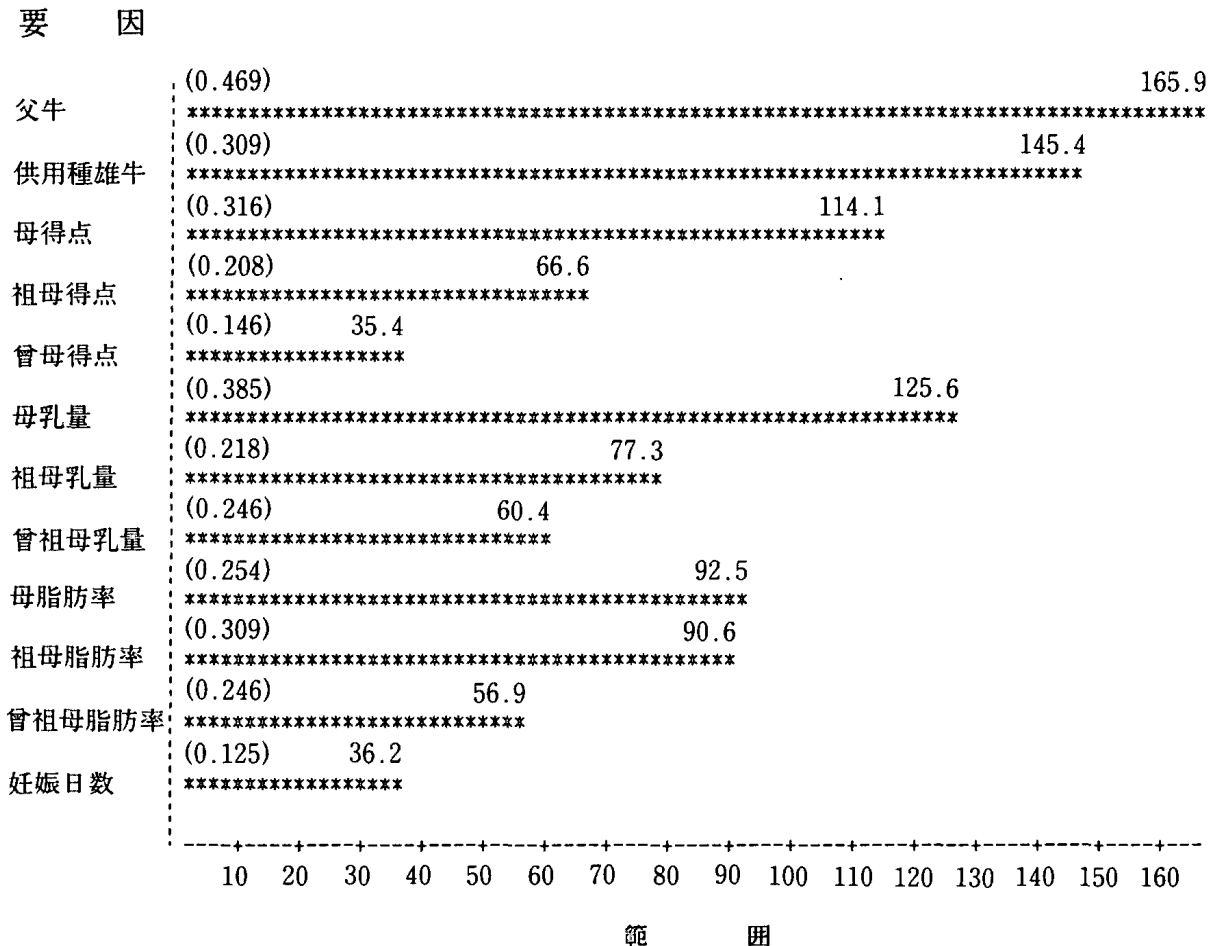
ここでは、本節の1.において、市場取引価格に影響していると思われる体型得点、乳量、乳脂肪率、父牛、供用種雄牛、妊娠日数を取り上げた。取り上げた変数のうち、母・祖母・曾祖母のそれぞれの体型得点・乳量・乳脂肪率と妊娠日数等を表7-6から表7-9の区分と同様にカテゴリー化し、父牛や供用種雄牛は表7-4および表7-10と同様にカテゴリー化した。ま

た、初妊牛の市場取引価格は農産物価格指数（畜産物）でデフレートした価格を用いた。

分析結果は図 7-2 に示した。自由度修正済み決定係数は 0.291 である。それは、市場の動向などの外生的な要因を数量化 I 類分析に取り入れなかったために小さくなっていると考えられる。もし、技術的な要因について取り入れられていないものがあるとするならば、その大部分は市場での初妊牛の「外貌」であると思われる^{註5)}。

図 7-2 では、グラフの棒の長さは、各要因に含まれるカテゴリー・ウェ

図 7-2 初妊牛の市場取引価格と諸要因との数量化 I 類分析の結果



注 1) 範囲とは各要因に含まれるカテゴリー・ウェイトの最大値と最小値との差異を要因毎に算出した値である。

2) () 内は各要因と初妊牛価格との偏相関係数を表す。

3) なお、自由度調整済み決定係数は 0.291 である。

イトの最大値と最小値との差異を範囲（レンジ）として、要因毎に算出した値を示している。その範囲は市場取引価格の決定に与える影響の大きさを表すものである。また、()内は初妊牛の市場取引価格との偏相関係数である。

カテゴリー・ウエイトの範囲は、母方の要因と妊娠日数に比べて、父牛と供用種雄牛の方が大きい。また、偏相関係数は父牛については、他要因に比してもっとも大きくなっている。父牛と供用種雄牛の特質と市場取引価格との相関関係を説明する要因としては、乳脂肪率をはじめとする改良能力であった。このことは乳脂肪率が高くなれば乳価が高くなるという経済的誘因と、初妊牛において、種雄牛によって遺伝改良に貢献する割合が75%程度とされている技術的誘因とが結び付いていることを物語っている⁶⁾。

また、母方の変数については体型得点、乳量、乳脂肪率3者ともに曾祖母→祖母→母の順にウエイトが大きくなっている。また、体型得点、乳量については同様の順で偏相関係数が大きくなっている。これは、娘牛に対する産乳能力の遺伝率は世代が近くなるほど大きくなるため、近い世代の情報ほど、当該初妊牛の市場取引価格の決定には影響力が大きくなることを示している。

最後に、妊娠日数はウエイトと偏相関係数とがともに一番小さい。妊娠日数の様な本来的な産乳能力の推定について関連性の小さなものは、市場取引価格の形成に対してもその説明力が小さいことを示している。

第5節 乳牛改良の成果としての市場取引価格

酪農家の後継牛の導入は、生産性向上の目的とする場合が多くみうけられ、特に初妊牛の売買条件については、購買・販売両者において産乳能力を重要視しているという点で一致していた。価格形成が産乳能力により説明されるものといえる。

クロス集計の結果から、分析対象の初妊牛の市場取引価格と相関のあるも

のは、母・祖母・曾祖母の体型得点、乳量、乳脂肪率や出場初妊牛の妊娠日数であったことが示された。母方については、母・祖母・曾祖母の産乳能力は出場している初妊牛の産乳能力の推測根拠であった。妊娠日数からは、飼養管理費用の節減が価格形成に影響を与えていることが読みとれた。

父牛と供用種雄牛については、両者のもつ乳牛改良の能力の中では、乳脂肪率を改良する能力と初妊牛の市場取引価格との相関関係が見られた。また、供用種雄牛については、乳脂肪率の改良能力に加えて体型の改良能力についても、初妊牛の市場取引価格との相関が見られた。乳脂肪率の改良を求めるのは、乳価向上を期待する行動の表れであり、体型の改良を求めるのは改良基礎牛とするためである。

一方、数量化 I 類分析の結果からは、父牛や供用種雄牛の選択が母方より市場取引価格の説明力としては大きく、また母方の産乳能力については、世代が近いものほど、初妊牛の市場取引価格の説明力は大きくなっていることが示された。父方・母方の遺伝が市場取引価格の形成要因になっている。

このことは、改良能力の高い精液と高能力の母牛との支配により生まれる娘牛を通して個体販売を有利に導くことができることを示す。すなわち、酪農家の乳牛改良の成果が、市場取引価格を通じて評価されていることを意味するといえる。同時に、自家にとっても高能力の乳牛の導入が期待されるものであることは言うまでもない。乳牛を生産要素として効率的に用いるために、乳牛改良を行うが、その結果、牛群のもつ種々の能力が高まると同時に、乳牛の生産物としての側面が高く評価されるという乳牛改良の二重効果の存在が示された。

[脚注]

- 1) 「北海道農林水産統計年報(農家経済編)」における「農業粗収益」中の「酪農収入」は、「生乳収入」と「乳子牛及び育成差益」とを内訳としている。「乳子牛及び育成差益」には乳子牛からの収入の他に、償却資産である牛を売却した場合の「処分差利益」が含まれているため、個体販売による収入とみなした。

- 2) 一般的には、乳牛市場での乳牛は、供給する酪農家の牛群の能力よりも低いものである。しかし、需要する側の酪農家の牛群の能力からみると、必ずしも乳牛市場の乳牛が低能力となるとは限らない。北海道が乳牛の供給地帯であるという事実は、地域間の乳牛の能力格差を示していると思われる。
- 3) 天間、伊藤、駒木 (1991) により詳細な結果がまとめられている。
- 4) 市場名簿から初妊牛のみを選択する方法としては、日齢をもとにして経産牛を取り除くことにした。まず初回の授精を14ヵ月で行うものとする。9.5ヵ月後に最初の分娩が行われた後、初回の発情期が訪れて受精するまで約1ヵ月かかり、さらに妊娠鑑定を3ヵ月後に行ってから市場に出すものとする。以上から、経産牛はすくなくとも月齢が約27.5ヵ月、日齢で825日齢以上であるものと判断する。
- 5) 市場での実際の取引の場においては、買参人は「せり」に乳牛が出される前に事前に乳牛の「外貌」を見ておき、希望する乳牛の見当をつけた後、「せり」に参加する場合が多いと言われている。
- 6) 遺伝率については農山漁村文化協会 (1983) 技 pp. 3 を参照にした。

第8章 要約及び結論

本論では、戦後専門化した酪農において、生物・化学的技術進歩である乳牛改良を取り上げた。その目的は、乳牛改良の酪農経営に対する経済的な効果を明らかにすることにより、収益性向上の要因としての評価を行うことにある。そこで、乳牛は生産要素と生産物との両面を持つので、乳牛改良により得られた乳牛資本が生乳生産と個体販売において二重効果を生み、収益性向上へ貢献するものと考え、分析を行った。

そこで、第1に、乳牛の改良技術の特徴を把握し、特徴を規定する諸要因を明らかにすること、第2に、生産要素としての乳牛資本がもたらす乳牛改良の効果を明らかにすること、第3に、生産物としての乳牛資本のもたらす乳牛改良の効果を明らかにすることの3点の課題をおいた。

第1の課題は、乳牛の改良技術の特徴を把握し、特徴を規定する諸要因を明らかにすることである。

農業における技術の開発や新技術の普及は、試験研究機関や改良事業体が中心的に担ってきている。そこで、第2章において、それら公的機関による乳牛の改良技術の供給体制の変遷や普及の状況から、酪農家の乳牛改良に果たした役割を明らかにした。

ここではまず、人工授精の普及に後代検定事業と精液輸入の規制緩和とが結びつくことにより、種雄牛の選定範囲を広げ、酪農家の乳牛改良に貢献していることを述べた。過去にブリーダーが担ってきた種雄牛の供給という主な役割を一層広範囲に広げるものである。また、乳検情報の供給は自家育成を中心とした乳牛改良の一助となるものの、酪農家の乳牛の選抜・淘汰の基準は相違があり、乳牛の改良技術の個別性となって現れることを述べた。ここでは、制度が酪農家の技術進歩を押し進める一方、人工授精という技術進歩が後代検定事業や輸入制度を押し進めるという、制度と技術進歩との関係を見いだした。特に、より高い能力を発揮するような乳牛を得るための改良技術情報に対する需要は衰えることはないので、低コストでありしかも高度な改良技術を普及させるための制度は重要な役割をもっているといえる。

次に第3章では、大樹町酪農家を対象としたアンケート調査を中心として、種雄牛の選定と乳牛の淘汰について、その特徴と経済的意義について、酪農家の乳量水準を中心的な要因として明らかにした。大樹町は旧来より乳牛改良に積極的であり、酪農地帯の中では先進的ともいえる地域である。

まず、種雄牛の選定、乳牛の淘汰、母牛の確保のための優先的な基準は、量的および質的に収益の向上をもたらすことである。また、情報の把握のための投資や高価格な精液への投資と、改良基礎牛の確保も、同様の効果をもたらすものであった。

次に、能力向上の認識が体型にもあることを考えると、乳牛のもつ生産要素としての側面のみならず、生産物としての側面についても、乳牛改良が行われるということが指摘される。体型の改良は将来収益を期待したものであるが、現行の乳価の下での個体販売のウエイトの大きさを考えると、生産

物としての乳牛という意識も強いものと考えられる。

そして、父方からの改良は、遺伝的貢献度は大きいですが、すべての酪農家の生産性を均等に向上させうるので、より高い生産性を目指すには、各自が自己の生乳生産技術に適合した積極的な選定が必要である。一方、母方からの改良は、得られる所得の経済的意味は、個々の飼養管理技術を土台としたリターンとして解釈されるが、遺伝的改良度は小さいので、選抜・淘汰によって高能力な母牛を確保し、多くの高能力な娘牛を得ることが必要であるといえる。

酪農家の乳牛改良においては、母方からの改良による所得に経済的意味が見いだされた。また、母方からの改良は、酪農家においては主に乳牛の淘汰によって行われている。そこで、第4章では、乳牛の淘汰について取り上げ、淘汰の結果である乳牛の生産供用年数と、乳牛の能力、酪農家の生乳生産技術や情報の利用度との相関関係を明らかにした。同じく大樹町において昭和63年に淘汰された乳牛に対して、生存時間解析法という新たな手法を適用し分析を行った。

その結果、乳量、乳脂率が高いほど、乳期あたりの搾乳日が短いほど淘汰されにくいこと。また、乳検情報が淘汰へ影響を及ぼしていることが明らかになった。さらに、大規模、高乳量水準にある酪農家も淘汰を早めており、技術進歩を促進する酪農家の要因として解釈される。分析は体細胞数のペナルティ制度の圧力が酪農家の乳牛の淘汰へ影響を与えた時期であった。しかし、体細胞数に関する情報の利用の仕方によっては生産性の向上を損ないかねないことも明らかになった。このように、投入要素として用いられるべき乳牛資本の特徴と、酪農家の特質からの淘汰の規定要因が明らかになった。

第2の課題である生産要素としての乳牛における乳牛改良の効果を明らかにするために、はじめに第5章では乳牛投入の生乳生産への貢献度および生産性向上に対する貢献度を分析した。そこでは、昭和44年から昭和61年までの生産費調査を用いて、トランスログ費用関数の計測を行い、生産性向

上の要因を技術進歩と規模の経済によるものとし、それらの効果の分解や技術進歩の偏向性の計測を中心に行った。

搾乳部門を中心とする生乳生産の生産性の向上は技術進歩がきわめて大きかったものと説明され、コストシェアの減少過程から乳牛投入が技術進歩の大きな要因となっていた。そして、それは乳牛の質的向上によるものとして把握された。さらに、それを補完するための、購入飼料の増投がなされている。投入要素の中で、乳牛改良により質の高い乳牛を投入することは、他を一定とした場合の年次的な費用関数の下方シフトを通じて生産性向上を導くことを計量経済学的に示した。

次に、第 6 章では、生産性向上を酪農家の平均乳量の上昇とみなし、1 頭当乳量の増大している酪農家の生産構造の特徴を把握し、乳牛投入の位置づけを考察した。そのため、生産費調査結果を用いて、昭和 54 年から 57 年まで乳量が継続的に増加している酪農家十数戸を対象に、生乳生産における技術的・経済的効率性を計測した分析を行った。

乳量増加と生乳生産の非効率性が併存している酪農家が存在し、非効率性の要因が飼料生産の過大費用にあることがモデルから実証され、それは飼料生産部門の固定資本投入の大きさに起因することが明らかになった。同時に、自給飼料中心で乳量を増加させた酪農家に経済的な非効率性が発生し、購入飼料中心で質的に高い乳牛を用いることにより乳量を増加させた酪農家は経済的に効率的であることが明らかになった。乳価据置・生産割当による減収を導かないように乳量の増加を行った酪農家は、固定資本にたよるよりも、要素価格の変化に弾力的に対応できる購入飼料に依存する方が、均衡への調整速度が早いのかも知れない。購入飼料に依存していく乳牛改良の存在意義を生産の効率性を高めるという点から示した。

第 3 の課題は、生産物としての乳牛資本がもたらす乳牛改良の効果を明らかにすることである。そこで第 7 章では、初妊牛家畜市場を対象とし、昭和 61 年から平成元年までの早来乳牛市場における初妊牛の市場取引価格デー

タを用いて、数量化Ⅰ類分析を援用しながら、初妊牛の価格形成要因を明らかにした。なお、分析対象としての乳牛は、平均よりも若干優良なものが多い。

はじめに、酪農家の後継牛導入の目的および初妊牛の売買条件を大樹町でのアンケート調査により把握した。そこでは、後継牛導入の生産性の向上を目的とする場合があり、また、購買・販売者の初妊牛の売買条件は、産乳能力を一番に重要視しているという点で一致していた。

また、数量化Ⅰ類分析も取り入れた市場取引価格データの分析から、父牛、曾祖母、祖母、母牛の遺伝ということが価格に大きな影響を与えることが実証された。遺伝が価格形成要因に大きな位置を占めているということから、乳牛価格をシグナルとして、乳牛改良の成果が評価されていることを示した。能力の高い乳牛を育てることにより、高価格で販売することができると同時に、自家にも高能力牛が更新されるという乳牛改良の二重効果を意味している。

以上の分析結果から、乳牛改良の二重効果について考察してみる。

搾乳部門において、購入飼料の増投を前提としながらも、費用関数の下方シフトを通じ生産性の向上に対して大きな貢献をしている。また、購入飼料に多く依存し、しかも高能力な乳牛の投入は、乳価、生産量の制約に対しても、生乳生産において非効率性を生じさせにくいことが明らかになった。ここに、投入要素としての乳牛改良の効果が示された。

一方、乳牛改良による所得増は、酪農家の改良された優良乳牛に対する需要のインセンティブとなる。酪農家の乳牛改良の成果として、乳牛市場において乳牛価格が決定されるからである。そして、乳牛価格に応じて改良による所得が移転される。すなわち、生産物としての乳牛改良の効果が示された。

このように、酪農家レベルでは乳牛改良という耕種部門にはない方法により、収益性の向上を発現させる可能性をもつといえる。そこでいくつかの結論を述べる。

第 1 に、乳牛改良はこの二重効果を通じて収益性向上を導くものである。酪農家が収益性向上を実現するためには、改良普及制度を利用した積極的な研究開発を行い、自己の生乳生産技術に応用することが肝要である。特に個々の飼養管理技術に基づきながら、経営内外の技術情報を利用した、種雄牛の選定と乳牛の選抜・淘汰である。

第 2 に、乳牛改良は、種雄牛の選定と乳牛の選抜・淘汰という自然の力(遺伝)を利用している生物学的技術進歩であり、しかも多くの費用とリスクを試験研究機関や改良事業体が負担しているため、酪農家の負担する改良投資に関する費用は、それほど大きなものとはなっていない。従って、改良技術を普及する制度の側からみると、今後実用化されうる各種の高度な生乳生産技術に対応していくためにも、情報の利用などをはじめとした、酪農家自身の研究開発の場の提供と指導とが必要である。

第 3 に、近年、個体販売の収入のウエイトが意味をもってきたのは、酪農家の乳牛改良による増収意欲に対して、乳牛市場が生乳市場の狭あい性というボトルネックから逃れる役目を果たしたからである。農業政策の一環として乳牛改良関係の公的機関が充実されたとしても、生乳市場がボトルネックとなっていれば、その効果は小さいものとなる。すなわち、技術進歩により、農業を発展させるには、生産物あるいは生産要素市場との結び付きを考えていかなければならないということがいえる。

引用・参考文献

- Allen, R. G. D., *Macro-Economic Theory*, Macmillan and Company, 1967 (新開陽一, 渡部経彦訳『現代経済学—マクロ分析の理論—(上・下)』東洋経済新報社, 1968)。
- Antle, J. M., S. M. Capalbo, "An Introduction to Recent Developments in Production Theory and Productivity Measurement," in S. M. Capalbo and J. M. Antle, eds., *Agricultural Productivity ; Measurment and Explanation* (Washington, D. C., Resources for the Future), 1988.
- Afriat, S. N., "Efficiency Estimation of Production Functions," *International Economic Review* vol. 13, no. 3, pp. 568—598, 1972.

新谷正彦『日本農業の生産関数分析』大明堂, 1983。

荒憲治郎『経済成長論』岩波書店, 1969。

Binswanger, H. P., V. W. Ruttan, and others, *Induced Innovation*, Johns Hopkins Univ. Press, 1978.

Binswanger, H. "A Cost Function Approach to Measurement of Elasticities of Factor Demand and Elasticities of Substitution," *American Journal of Agricultural Economics* vol. 56, no. 2, pp. 377–386, 1974a.

Binswanger, H. "The Measurement of Technical Change Biases with Many Factors of Production," *American Economic Review* vol. 64, no. 6, pp. 964–976, 1974b.

Blakorby, C., C. A. K. Lovell and M. C. Thursby, "Notes and Memorandum Extended Hicks Neutral Technical Change," *The Economic Journal* vol. 86, no. 344, pp. 845–852, 1976.

Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhodes, "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research* vol. 2, no. 6, pp. 429–444, 1978.

Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhodes, "Evaluating Program and Managerial Efficiency : an Apprication of Data Envelopment Analysis to Program Follow Through," *Management Science* vol. 27, no. 6, pp. 668–697, 1981.

Chavas, J. P., and T. L. Cox, "A Nonparametric Analysis of Agricultural Technology," *American Journal of Agricultural Economics* vol. 72, no. 2, pp. 303–310, 1988.

趙錫辰「農業生産における経営者能力と経営規模」森島賢, 秋野正勝編著『農業開発の理論と実証』養賢堂, 1982。

Cox, D. R., "Regression Models and Life-Tables," *Journal of the Royal Statiscal Society, Series B, Vol. 34*, pp. 187–220, 1972.

Cox, D. R., Oakes, *Analysis of Survival Data*, Chapman and Hall, 1984,

Denny, M., M. Fuss and L. Waverman, "The Mesurement and Interpretation of Total Factor Productivity in Regulated Industries with an Application to Canadian Telecommunications," in T. G. Coving and R. E. Stevenson, eds., *Productivty Measurement in Regulated Industies* (New York, Academic Press), 1981.

Diewert, W. E., and C. Parkan, "Linear Programming Tests of Regularity Conditions for Production Functions," in Eichhorn, W., Henn, R., Neumann, K., and Shephard, R. W., eds., *Quantitative Studies on Production and Prices*, Würzburg, W. Germany

: Physica-Verlag, 1982.

蝦名賢造『町村敬貴伝』町村敬貴記念事業の会, 1971。

荏開津典生「酪農の生産関数」荏開津典生『日本農業の経済分析』大明堂, 1985。

Fawson, C., and C. R. Shumway, "A Nonparametric Investigation of Agricultural Production Behavior for U. S. Subregions," *American Journal of Agricultural Economics* vol. 72, no. 2, pp. 311–317, 1988.

Fare, R., S. Grosskopf, and C. A. K. Lovell, *The Measurement of Efficiency of Production*, Kluwer, Nijhoff Publishing, 1985.

Farrell, M. J., "The Measurement of Productive Efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society, Series A*, vol. 120, part3, pp. 251–281, 1957.

Førsund, F. R., C. A. K. Lovell, and P. Schmidt, "A Survey of Frontier Production Functions and of their Relationship to Efficiency Measurement," *Journal of Econometrics* vol. 13, no. 1, pp. 5–25, 1980.

後藤昌司「生存時間解析における最近の展開をめぐって」『癌の生存時間研究会誌』Vol. 7, No. 1, pp. 64–84, 1987.

後藤昌司・松原義弘「比例ハザードモデルとその周辺」『応用統計学』Vol. 11, No. 1, pp. 1–26, 1982.

Greene, W. H., "Simultaneous Estimation of Factor Substitution, Economies of Scale Productivity, and Non-Neutral Technical Change," in A. Dogramaci, eds., *Developments in Econometric Analyses of Productivity ; Measurement and Modeling Issues* (Boston, Kluwer·Nijhoff Publishing), 1983.

Hayami, Y., V. W. Ruttan, *Agricultural Development - An International Perspective*, Johns Hopkins Univ. Press, 1985.

速水佐次郎『日本農業の成長過程』創文社, 1973。

浜島信之『多変量解析による臨床研究』名古屋大学出版会, 1990。

Hanoch, G., and M. Rothschild, "Testing the Assumptions of Productive Theory. : A Nonparametric Approach," *Journal of Political Economy* vol. 80, no. 2, pp. 256–275, 1972.

Heady, E. O., "Basic Economic and Welfare Aspects of Farm Technological Advance," *Journal of Farm Economics*, 31, no. 2, pp. 293–316, 1949.

Hicks, J. R., *The Theory of Wege*, Macmillan & Co., Ltd. 1963 (内田忠寿訳『新版賃金の理論』東洋経済新報社, 1965)。

- 北海道立総合経済研究所『北海道農業発達史上・下』1963。
- 北海道立農業試験場『北海道農業の現状と将来』北海道立農業試験場資料第14号，1982。
- 北海道家畜改良事業団『胎動』デーリィマン社，1978。
- 北海道乳牛検定協会資料『乳牛の改良』。
- 堀尾房造『酪農の展開と飼料経済』明文書房，1984。
- 伊藤晃「わが国の乳牛群改良方法とその実情(1)，(2)」『畜産の研究』第35巻，第4，5号，1981。
- Kalbfleisch, J. D., R. L. Prentice, *The Statistical Analysis of Failure Time Data*, John Wiley and Sons, 1980.
- Kaplan, E. L., P. Meier, "Nonparametric Estimation From Incomplete Observations," *Journal of American Statistical Association*, Vol. 53, pp. 457-481, 1958.
- 家畜改良研究会『家畜改良増殖の新しい制度と技術』地球社，1986。
- 家畜登録団体中央協議会『家畜登録事業発達史』，1980。
- 河原考吉，鈴木三義，三好俊三・光本孝次「北海道における牛群の産乳量に影響を及ぼす遺伝的並びに環境的要因について」帯広畜産大学『帯広畜産大学研究報告』第14号，pp. 63-73，1984。
- 梶井功『農産物過剰』明文書房，1981。
- 加用信文『農業経済の理論的考察』御茶の水書房，1970。
- 小林茂樹「酪農の管理技術と経済効果に関する研究」東京大学農学部附属農場『東京大学農学部附属農場研究報告』第2号，1976。
- 駒木泰，天間征「北海道酪農の技術進歩に関する分析—費用関数によるアプローチ—」北海道大学農学部『農業論叢』第45集，pp. 75-93，1989。
- 駒木泰「酪農固定資本増投の技術的・経済的非効率性の解明」北海道大学農学部『農経論叢』第46集，pp. 85-103，1990。
- 駒木泰，李商榮，天間征「乳牛の価格形成要因—家畜市場で初妊牛を対象に—」天間征『乳牛検定および遺伝情報の経済分析』文部省科学研究費研究成果報告書，pp. 22-39，1990。
- 駒木泰「乳牛の生産供用年数に関する研究」天間征『乳牛検定および遺伝情報の経済分析』文部省科学研究費研究成果報告書，pp. 34-54，1991。
- 駒木泰「生存時間解析法の経済分析への適用—乳牛の生産供用年数を例として—」札幌大学『経済と経営』第22巻，第1号，pp. 1-40，1991。
- 黒柳俊雄，浅利英吉，村田潔，駒木泰，小林建夫「大規模農業生産の情報通信システム高度

- 利用研究」電気通信普及財団『電気通信普及財団研究調査報告書』No. 4, pp. 83-99, 1990.
- Lawless, J. F., *Statistical Models and Methods for Lifetime Data*, John Wiley and Sons, 1982.
- 榊田精一「わが国のホルスタイン牛改良と種雄牛の利用実情およびその問題点」『畜産の研究』第35巻, 第6号, pp. 719-726, 1981.
- 美土路達雄, 山田定市編著『地域農業の発展条件』御茶の水書房, 1985.
- 中原准一「畜産金融と農家負債問題—北海道」日本農業年報第33集『金融自由化と農業金融』御茶の水書房, 1985.
- 中村耕二郎「乳牛更新政策」茨城大学地域総合研究所『茨城大学地域総合研究所年報』第16号, pp. 31-46, 1983.
- 日本農業研究所『戦後農業技術発達史《第8巻》畜産編』1969.
- Nisimizu, M., and J. M. Page, "Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia, 1965-78," *The Economic Journal* vol. 92, pp. 920-936, 1982.
- 西村和行・高橋雅信・佐藤雅樹「バルク乳成分率を利用した乳牛群改良の方向」『畜産の研究』第44巻, 第2号, pp. 259-266, 1990.
- 農山漁村文化協会『農業技術体系畜産編2, 乳牛』, 1983.
- 奥野正寛・鈴木興太郎『ミクロ経済学I』岩波書店, 1985.
- 大塚啓二郎「酪農の発展と生乳の需給構造」崎浦誠治編著『経済発展と農業開発』農林統計協会, 1985.
- 李貞煥「微視データにおける生産要素投入量計測に関する覚書」北海道大学農業経営学教室『農業経営研究』第6号, pp. 181-214, 1979.
- 桜井豊編著『80年代の日本酪農』酪農事情社, 1981.
- 澤崎一幸「牛群検定成績を活用した乳牛の淘汰(1), (2)」『畜産の研究』第42巻, 第9, 10号, 1988.
- Shimizu, H., Y. Terami, J. Ueda, Y. Hachinohe, "An Analysis of the Age Patterns of Sires in Hokkaido Dairy Poulation," 『日本畜産学会報』56(3), pp. 234-242, 1985.
- Shimizu, H., D. Horikika, H. Hisaushi, J. Ueda, Y. Hachinohe, Y. Terami, "An Analysis of the Age Patterns of Dams and their Relationship with Age of Home-bred and Foreign-bred Sires in Hokkaido Dairy Herds," 『日本畜産学会報』56(8), pp. 667-672, 1985.

七戸長生「北海道における大型酪農の動向と展望」農業総合研究所『北海道酪農の構造と再編方向』, 1983。

Schumpeter, J. A., *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper & Row, 1975 (中山伊知郎, 東畑清一訳『資本主義・社会主義・民主主義(上・中・下)』東洋経済新報社, 1962)。

Schumpeter, J. A., *Theory of Economic Development*, Oxford University Press, 1961 (中山伊知郎, 東畑清一訳『経済発展の理論(上・下)』岩波書店, 1977)。

Stevenson, R., "Measuring Technological Bias," *American Economic Review* Vol. 70, No. 1, pp. 162–173, 1980.

鈴木三義, 光本孝次「BLUP 雌牛評価値による北海道のホルスタイン雌牛集団の特徴」『日本畜産学会報』58(8), pp 658–657, 1987。

天間征「農業の経営者能力に関する研究」『農業経済研究』第43巻, 第1号, pp. 33–40, 1971。

天間征, 伊藤房雄, 駒木泰「農家の乳検情報の利用—アンケート調査による分析—」天間征『乳牛検定および遺伝情報の経済分析』, 文部省科学研究費研究成果報告書, pp. 76–128, 1991。

遠浅酪農史刊行会編集委員会『遠浅酪農史』遠浅酪農史刊行会, 1970。

鶴田彰吾, 鈴木三義, 光本孝次「北海道の乳用牛群検定記録における種雄牛と雌牛の同時評価による遺伝的および環境的トレンドの推定」『日本畜産学会報』61(12), pp. 63–73, 1990。

刀根薫「企業体の効率性分析手法—DEA 入門—(1)~(4)」『オペレーションズ・リサーチ』12月号~4月号, 1987~1988。

富永祐民『治療効果判定のための実用統計学』蟹書房, 1982。

宇都宮勤『私の牛飼ひ人生』デーリィマン社, 1977。

宇佐美繁「草地酪農の構造」梶井功編『畜産経営と土地利用 総括編』農文協, 1983。

Varian, H. R., "The Nonparametric Approach to Production Analysis," *Econometrica* vol. 52, no. 13, pp. 579–597, 1984.

鷺田昭「酪農経営合理化のための乳牛とう汰の方法(1), (2), (3)」『畜産の研究』第34巻, 第11, 12号, 1980, 第35巻, 第1号, 1981。

SUMMARY

This paper focuses upon the dairy cattle improvement at dairy farms as biological and chemical technical change after the Second World War. We evaluated dairy cattle improvement which raised the profitability of dairy farms, by searching out its features and the economic interpretations. Because dairy cattle have characteristics of input and an output, this leads to double effects at milk production and on the dairy cattle market. In this paper the double effects are clarified.

This paper evaluates three points : (1) dairy cattle improvement operations, (2) the effect on milk production input, (3) the effect on dairy cattle market for output.

First, we must grasp the feature of dairy cattle improvement operations and clarify the factors for providing that feature.

Chapter 2 presents an overview of processes of change in public institutions in relation to dairy cattle improvement operations. The diffusion of artificial insemination with progeny test projects and imported semen, has expanded the choice of AI-bulls, and laid the foundation for dairy cattle improvement operations at dairy farms. The diffusion of information on herd performance tests has helped dairy cattle improvement. But utilization of the information has widened the gap in dairy cattle improvement operations between the dairy farms.

Here we found institute induced technical change. This means the institute induces technical change and vice versa. As the demand for improvement operations information does not decrease, the institute for diffusing low-cost improvement operations and high technology plays an

important role.

Next, in chapter 3, the main operations of dairy cattle improvement at dairy farms is the selection of AI-bulls and cows. The features and economic significance of these operations are explained by a questionnaire to dairy firms at Taiki-town concerning the average milk products.

The criterion for the selection of AI-bulls, cows and mother cows is to produce quantitatively and qualitatively, raising the profitability. The investment for getting the information and a high semen price, and for the selection of mother cows produces the same effect.

As type is also considered for raising performance, dairy cattle improvement is operated not only for input but also for output on cows. The improvement of type is operated not so much for getting future profit as for getting livestock sold.

Because the improvement of bulls over cows for breeding performance can raise productivity of all dairy farms, positive improvement is needed. On the other hand, the improvement of cows of lower breeding performance than bulls can bring about incomes which are economically interpreted as returning to personal incomes. The selection of cows with greater performance is needed.

As economic significance is founded upon improvement from cows, and more details are examined in chapter 4. In this chapter, the cow's durable year is cited to explain its ability, milk production operations of dairy farms, and utilization of information. Survival analyses are employed for culled cows in Shouwa 63.

The results show : (1) more milk and fat% yield per cow and a shorter milking period per milking interval for cows not to be easily culled ; (2) utilization of information on herd performance test is used for judgement

on the selection of cows ; (3) dairy farms are larger and higher in average milk products, for cows not easily to be culled. But, whether information on the number of somatic viruses is fully used dominates productivity. Here we found the characteristics of cows which ought to be used for input and the factors for selection in dairy farms.

The second point is attempted in Chapter 5 by evaluating dairy cattle input on the development of milk production and productivity. In this chapter, translog cost functions were employed to trace productivity development to scale economic and technical change and estimate a bias of technical change.

The results show that technical change contributed more to productivity development in the milking sector, and dairy cattle input was a main factor of technical change. Purchased feed was substituted for self-supplied feed to raise the performance of dairy cattle input. It is shown that utilization of higher performance dairy cattle obtained by dairy cattle improvement advances productivity.

Also, the second point is attempted in Chapter 6. In this chapter, the milk production structure of dairy farms on which average milk products increased were understood and the characteristics of dairy cattle input on these farms were considered. Here we estimate the efficiencies of milk production on dairy farms at which average milk product continuously increased for four years.

A source of inefficiencies was over-cost in feed production caused by fixed investment. Dairy farms which increase average milk products using mainly self-supplied feed indicate inefficiencies. On the one hand, dairy farms which used mainly purchased feed and higher performance dairy cattle indicate efficiencies. These suggest that dairy cattle improv-

ment is important to avoid over-cost caused by fixed investment and to improve efficiency.

The third point is attempted in Chapter 7. Price formation of pregnant heifers is examined by employing market transacted price data in the Hayakita cow market from Shoua 61 to Heisei 1. Now we employ Hayashi 1.

To begin with, traffic criterion between dairy farms is examined by a questionnaire at Taiki-town. The result indicated that the most important criterion is milk yield. The contents and ordering of importance of the criterion is the same for selling and for buying. Next, from an analysis for market-transacted price data, price formation is influenced by breeding. This means that the result of dairy cattle improvement is evaluated by a cow transacted price. We suggest that dairy cattle improvement make possible the selling of cows at a high price and increasing milk productivity. This suggests a double effect in dairy cattle improvement.

The results gained from the previous chapters proved the double effect of dairy cattle improvement. A part of the dairy cattle input in milk production mainly increases productivity through decreasing the average cost. Efficiently increasing the average milk products is possible through high performance dairy cattle for milk production using mainly purchased feed. These are the effects on input of milk production.

On the one hand, income from improvement of cows induces the demand for improved cows on the other dairy farms. The result of dairy cattle improvement is evaluated by a cow transacted price. So, the income transfer occurs, and the seller can recover lost income according to cow price. This is the effect on output in the dairy cattle market. It

goes without saying that a double effect on dairy cattle improvement increases the profitability of dairy farms.

To summarise, three remarks are necessary. First, double effect on dairy cattle improvement increases profitability of dairy farms. To realize more profitability, positive R & D behavior is needed in dairy farms under the present system, and they must adapt milk production operations. Because the selection of AI-bulls raises productivity of all dairy farms and the selection of cows for improvement brings about incomes which are economically interpreted as returning to personal incomes.

Secondly, because dairy cattle improvement is biological and chemical technical change based on natural power (breeding), the cost of improvement operations is little. Most cost and risk is paid for by experiment and research organizations. Accordingly, the place and guidance of R & D on dairy farms needs to be offered by institutions which will diffuse improvement operations, in some cases corresponding to new high technology.

Finally, the weight of revenue from livestock sold as more important on profitability in recent years has caused the cow market to fill the roll of escaping from bottle-necks in the milk market because of the existence of a desire for more revenue from dairy cattle improvement. If experiment and research organizations are invested in for agricultural policy and there are bottle-necks in the milk market, the return from investment is small. To development of agriculture by means of technical change, the relation of output-input, market, and technical change ought to be considered.

—謝 辞—

本論文をまとめるにあたり、天間征先生には、終始、多くのご指導と励ましを頂いた。厚くお礼を申し上げたい。また崎浦誠治(酪農総合研究所)、森島賢(東京大学)、土井時久(釧路公立大学)の各先生、および北海道大学農学部農業経済学科の先生方には学生時代から暖かい御指導を頂いてきた。

また、農業開発論講座をはじめとする農業経済学科の大学院諸兄より貴重なコメントを頂いた。厚くお礼を申し上げたい。

さらに、久保嘉治先生(帯広畜産大学)、並木健二氏(埼玉県経済連)、北海道ホルスタイン農業協同組合、北海道家畜改良事業団、北海道乳牛検定協会、大樹町農業協同組合、ロバート・クルツ先生(札幌大学)、札幌大学電算課の方々にも多大な協力を得た。記して謝辞とする。

本論文は、過去3年間にわたる調査研究の成果に依拠している。特に第5章は伊藤房雄氏(東北大学)、第7章は李商栄氏(韓国農村振興庁)との共同研究を基礎にしている。成果の利用を許可された両氏の好意に深く感謝したい。

最後に、33年間、厳しく、優しく育ててくれた、父と母へのお礼として本論文を捧げたい。

附記：本論文は「北海道大学審査学位論文」である。一部加筆・訂正を加えた。